Maria Aparecida
da Silva Andrade

QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS SOB O ENFOQUE

ciência, tecnologia sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana

Diálogos na formação de professores

EDUFBA

Questões sociocientíficas sob o enfoque: ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana: diálogos na formação de professores

Maria Aparecida da Silva Andrade

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

ANDRADE, M. A. S. *Questões sociocientíficas sob o enfoque:* ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana: diálogos na formação de professores [online]. Salvador: EDUFBA, 2026, 257 p. ISBN: 978-65-5630-990-3. https://doi.org/10.7476/9786556309903.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribição 4.0.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimento 4.0.

É com muita alegria que vos convido para fazer a leitura deste livro

Gestado a partir de reflexões e experiências construídas durante o meu doutorado, os diálogos aqui apresentados, são fruto das trocas vivenciadas com professoras(es) em formação no contexto do ensino de Ciências para os anos iniciais.

Sempre acreditei que o ensino de Ciências precisava estar atrelado aos aspectos sociais. Via nas minhas experiências ainda enquanto licencianda, o quanto unir problemas socioambientais e científicos nas aulas, as deixava mais dinâmica e tornava os alunos mais participativos. Pois bem, a partir de então, eu comecei a inserir temas da realidade dos estudantes nas aulas, investigando se os resultados obtidos coadunavam com as percepções observadas. Sempre procurei nos referenciais freirianos as influências que eu precisava para construir aulas que fossem significativas e participativas, que sobretudo, fizessem sentido para os alunos.

Ultimamente, procurei apoio também na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente usando Questões Sociocientíficas locais, e com isso, tenho visto o quanto é urgente, no contexto de emergência socioambiental em que vivemos, pôr em prática abordagens de ensino que permitam problematizar, a partir da realidade dos estudantes, as relações de poder e interesse particular que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. A partir dos pressupostos freirianos, conseguimos contextualizar o ensino desvelando contradições e formando jovens implicados com a transformação da realidade, denunciando os problemas que vivenciam e anunciando perspectivas de mudança.

QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS SOB O ENFOQUE

ciência, tecnologia sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana

Diálogos na formação de professores

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor
Paulo Cesar Miguez de Oliveira

Vice-reitor
Penildon Silva Filho

EDUFBA

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora
Susane Santos Barros

Conselho Editorial

Titulares
Angelo Szaniecki Perret Serpa
Caiuby Alves da Costa
Cleise Furtado Mendes
George Mascarenhas de Oliveira
Mônica de Oliveira Nunes de Torrenté
Mônica Neves Aguiar da Silva

Suplentes
José Amarante Santos Sobrinho
Lorene Pinto
Lúcia Matos
Lynn Alves
Paola Berenstein Jacques
Rafael Moreira Siqueira

fapesb
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia

GOVERNO DO ESTADO BAHIA
SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Maria Aparecida
da Silva Andrade

QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS SOB O ENFOQUE

ciência, tecnologia sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana

Diálogos na formação de professores

SALVADOR . EDUFBA . 2026

2026, Maria Aparecida da Silva Andrade.
Direitos para esta edição cedidos à Edufba. Feito o Depósito Legal.
Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

Coordenação editorial
Cristovão Mascarenhas

Coordenação gráfica
Edson Nascimento Sales

Coordenação de produção
Gabriela Nascimento

Assistente editorial
Bianca Rodrigues de Oliveira

Capa
Giulia Lagrotta

Projeto gráfico
Tiago Pedra

Foto de Capa
Pexels

Revisão
Laíse Emilia Matos Barbosa

Revisão de provas
José Allan Brito

Normalização
Lívia Souza de Jesus

Sistema Universitário de Bibliotecas – UFBA

Andrade, Maria Aparecida da Silva.
Questões sociocientíficas sob o enfoque : ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana : diálogos na formação de professores / Maria Aparecida da Silva Andrade. - Salvador : EDUFBA, 2026.
257 p.

ISBN: 978-65-5630-815-9

1. Professores - Formação. 2. Ciência – Estudo e ensino. 3. Tecnologia. 4. Meio ambiente – Aspectos sociais. 5. Freire, Paulo, 1921-1997. 6. Pedagogia crítica. I.Título.

CDD 370.71

Elaborada por Jamilli Quaresma CRB-5: BA-001608

Editora afiliada à

Associação Brasileira das Editoras Universitárias

ASOCIACION DE EDITORIALES UNIVERSITARIAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Editora da UFBA
Rua Barão de Jeremoabo s/n – Campus de Ondina,
40170-115 – Salvador, Bahia
Tel.: +55 71 3283-6164
edufba@ufba.br / edufba.ufba.br

SUMÁRIO

Prefácio **7**
Dalia Melissa Conrado Dourados

Apresentação **13**
Maria Aparecida da Silva Andrade

FUNDAMENTOS TEÓRICOS **19**

QSC na perspectiva CTSA
apontamentos para a formação de professores 27

Construção de pensamento crítico e reflexivo no contexto socioambiental latino-americano
possibilidades para a formação de professores 45

A importância da construção do pensamento crítico na formação de professores de Ciências Naturais
possibilidades a partir da abordagem de QSC na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana 57

Aspectos de complementariedade entre as QSC e a pedagogia freiriana
contribuições para o ensino de Ciências Naturais 93

O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE PROBLEMAS SOCIOCIENTÍFICOS

ATRIBUIÇÃO DE SENTIDOS AO MUNDO EXISTENCIAL POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS LOCAIS 125

Aspectos metodológicos 127

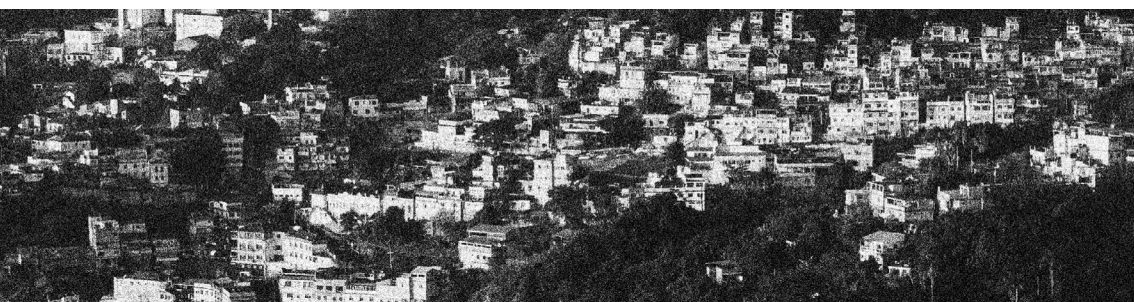
O ensino mediatizado pelo mundo
apropriação pelos(as) estudantes do uso de QSC na perspectiva CTSA com base na pedagogia freiriana 139

Dengue
das soluções pautadas na ciência e na tecnologia aos problemas socioambientais 143

Desmatamento e seca do Rio Jiquiriçá
efeitos socioambientais para diferentes grupos sociais 199

Considerações finais 231

Referências 241



PREFÁCIO

O livro *Questões Sociocientíficas sob o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e pedagogia freiriana: diálogos na formação de professores* estabelece conexões entre o ensino baseado em Questões Sociocientíficas (QSC), a educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) e a pedagogia freiriana, com vistas a aprimorar a qualidade do ensino de Ciências nos anos iniciais.

Ao considerarmos, na prática pedagógica, os conteúdos de forma contextualizada e interdisciplinar, e adotarmos métodos de ensino mais participativos, estimulantes e humanizadores, como é sugerido neste livro, poderemos contribuir para alcançar uma formação integral do estudante. Isso porque podemos somar as vantagens dessas diferentes abordagens e implementá-las por meio de estratégias que abrangem as dimensões conceitual, procedimental e atitudinal dos conteúdos. Assim, a educação vai além de simplesmente transmitir conhecimentos, ideias e técnicas e leva em conta o ser humano que está se construindo naquele espaço social e naquele momento histórico, com sua bagagem cultural e pessoal, influenciado por todas as questões do passado e do presente, por seus afetos e crenças.

Vivemos em sociedades com muitos desafios, como: violência, desigualdades sociais, desastres socioambientais, poluição ambiental, problemas nutricionais, mentais e emocionais, entre outros. Esses desafios são causados ou influenciados diretamente pela ação humana. Se o ser humano, com todo o seu desenvolvimento social, histórico e cultural, não estiver preparado para viver harmonicamente consigo e com o próximo, incluindo o próprio meio natural, esses problemas

tenderão a se agravar. Por isso, é preciso combater uma educação que promove a separação e a discriminação entre grupos; que estimula o cidadão a buscar um modelo de sucesso a qualquer custo, mesmo que prejudique ou oprima o próximo; que negligencia a reflexão crítica sobre as causas, condições e soluções para os problemas socioambientais que vivenciamos. Neste livro, a partir da adoção das QSC na perspectiva CTSA e com base nos pressupostos freirianos, a autora defende uma abordagem educacional que incentiva o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental, do pensamento crítico e da ação colaborativa para a construção de um futuro mais justo e sustentável.

As instituições escolares, em todos os níveis, enfrentam diversos desafios para cumprir sua função social de promover a educação formal de qualidade. Entre esses desafios, destacam-se: as deficiências na formação docente; a falta de interesse dos estudantes diante do cenário educacional atual e a insuficiência das políticas públicas a fim de melhor apoiar o trabalho docente. E esses e outros problemas geram um descrédito na escola e na atividade profissional do docente. Nesse contexto, o livro indica caminhos para auxiliar a jornada de professores em formação inicial ou continuada em direção a uma escola mais bem preparada para formar cidadãos socioambientalmente responsáveis.

Em meio aos desafios contemporâneos, a educação formal se configura como uma esperança no processo de formação cidadã. Inúmeros pesquisadores e docentes buscam pela formação de sujeitos mais humanizados, críticos e participativos. Um dos caminhos para promover essa formação é a partir do desenvolvimento, no estudante, de um conhecimento de si mesmo, de sua condição no mundo, e de suas capacidades para transformar a realidade em que vive. Situações que fazem o estudante refletir sobre virtudes e colocá-las em prática, para melhorar o seu redor, são oportunidades para o exercício de ser mais virtuoso. Ao buscar por justiça, equidade, altruísmo, criticidade e humanização, a autora explora, mesmo de modo indireto, elementos para uma educação para virtudes, hoje tão necessária, sobretudo na educação básica.

Podemos entender o agente virtuoso como aquele sujeito capaz de colocar em prática virtudes epistêmicas e morais. As virtudes epistêmicas, como responsabilidade e precisão semântica, e as virtudes morais, como solidariedade e compromisso com o coletivo, são essenciais para a formação integral do indivíduo e foram assim consideradas neste livro. A partir do investimento em estratégias para o ensino e o aprendizado da dimensão atitudinal dos conteúdos, o que inclui o aprendizado prático sobre política e ética aplicadas no ensino de Ciências, a autora defende a formação integral do estudante com o desenvolvimento de habilidades e capacidades para lidar com problemas socioambientais por meio da autorreflexão, do trabalho colaborativo, da criticidade e da ação para transformação de si e do mundo.

Fundamentado nos pressupostos da Teoria Crítica, este trabalho propõe um maior investimento na formação inicial e continuada de professores como modo de se atingir uma melhoria da qualidade da educação. Para isso, a autora articula os referenciais teóricos e metodológicos da educação CTSA, do Ensino Baseado em QSC e da pedagogia freiriana, combinando-os para indicar caminhos e exemplificar tendências e modos de interação entre essas abordagens.

No livro, os temas tratados pelas QSC priorizam problemas socioambientais; a proliferação da dengue e o desmatamento são assuntos estratégicos, relevantes e contemporâneos, que despertam o interesse dos estudantes e facilitam uma compreensão ampliada sobre as inter-relações entre os domínios CTSA, que refletem na própria consideração da ciência e da tecnologia pela população em geral.

É importante destacar que os participantes da pesquisa de doutorado que originou este livro, professores em formação inicial, não apenas produziram dados para a investigação; eles vivenciaram um processo de aprendizagem ativo, reconhecendo um significado mais profundo do conteúdo aprendido para suas vidas profissionais e pessoais. Desse modo, mudaram sua perspectiva sobre o ensinar e o aprender Ciências e sobre o próprio papel da ciência e da tecnologia na sociedade.

Persistir em visões distorcidas do desenvolvimento científico e tecnológico, assim como em uma visão simplista da organização e da manutenção de sociedades, bloqueia-nos de questionar caminhos alternativos e bases éticas que sustentam valores, crenças e hábitos em nossas relações com os atores sociais dessa complexa rede. Essa postura impede o pensamento crítico e a ação para além dos padrões e sistemas que nutrem as sociedades atuais e seus problemas. Reconhecer a necessidade de mudanças sem saber como implementá-las ou sem se comprometer com essa mudança perpetua os problemas e sofrimentos que eles geram. Por isso, vejo como bem-vinda toda obra que se dispõe a divulgar bases teóricas e compartilhar resultados de uma investigação que busque essa transformação.

Estando ciente de que toda obra tem suas limitações, seja por questões de tempo, espaço e linguagem, seja por circunscrições de seus elaboradores, avalio que esta obra não tem a pretensão de oferecer soluções mágicas ou definitivas a problemas educacionais complexos, mas de apontar direções, divulgar experiências, e estimular atores sociais que buscam um caminho de superação a esses complexos problemas da educação formal.

Por toda a história de vida da autora, e suas experiências com o ensino de Ciências, acredito que o livro não indica apenas mais uma etapa do processo de formação de uma pesquisadora da área. A obra também mostra uma experiência de atuação da autora como professora-pesquisadora no ensino superior de forma engajada com os problemas socioambientais atuais, destacando, com sua pesquisa, as vantagens de se implementar métodos ativos e participativos no processo de formação docente. As experiências e os resultados compartilhados neste livro instigam professores e pesquisadores a tentarem também colocar em prática estratégias de ensino ou sequências didáticas para superar os desafios da educação tradicional bancária. Ainda, a obra destaca atividades de planejamento e implementação de ações para a formação de cidadãos mais críticos e menos acomodados com o *status quo*, sendo capazes de realizar autoavaliação e avaliação do ambiente, e de perceber as condições de injustiça que precisam ser

transformadas. Dessa forma, o estudante poderá se ver como um ator social capaz de colaborar para a construção coletiva de uma sociedade mais justa socioambientalmente.

Por fim, agradeço pela oportunidade de tecer um breve comentário sobre este livro e pelo muito que aprendi com a autora do livro, professora Maria Aparecida da Silva Andrade. Aos leitores, desejo sucesso e esclarecimento, para que possam ter uma esperança ativa no processo do despertar em direção a uma formação de cidadãos cada vez mais humanizados, críticos e participativos. Tais características são essenciais para enfrentarmos os desafios socioambientais da atualidade e do futuro.

Dalia Melissa Conrado Dourados,
fevereiro de 2024

APRESENTAÇÃO

Eu sempre pensei em um ensino que estivesse voltado para o desvelamento das condições de opressão e desigualdade social e ambiental observados na minha realidade existencial. Nesse sentido, acredito que falar dos meus itinerários enquanto professora e pesquisadora é importante para que fique claro para os leitores qual o meu lugar de fala e como eu fui me constituindo como profissional implicada com as transformações do meu contexto. Assim, destaco que, desde a graduação, quando defendi o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) problematizando as relações biológicas, socioambientais e políticas ligadas ao impacto dos agrotóxicos no corpo humano, já sinalizava uma forte tendência em trabalhar com temas sociocientíficos que tivessem importância para os estudantes e que fossem capazes de promover a formação crítica dos estudantes. Seguindo para o mestrado, trabalhei com esse mesmo tema, agora ampliando os seus impactos para o âmbito político, econômico, ideológico, além do biológico, articulando ao campo das Questões Sociocientíficas e da Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Assim, percebe-se que essa abordagem sempre me despertou encantamentos, os quais se juntaram com a indignação de ver o ensino de Ciências muitas vezes sendo ministrado de forma ingênua e fragmentada, quando era necessária uma abordagem muito mais ampla e crítica. No doutorado, entendendo que existiam barreiras ao trabalho com questões sociocientíficas pelos(as) professores(as), vi a necessidade de abordar os conteúdos previstos nos currículos articulando à realidade existencial dos(as) alunos(as). Assim, a partir do que cha-

mei de "temas geradores sociocientíficos", construímos sequências didáticas articulando os princípios da abordagem de Questões Sociocientíficas (QSC), abordagem CTSA e pedagogia freiriana objetivando a formação integral dos estudantes, para que estes se tornassem capazes tanto de denunciar situações de contradição quanto de anunciar perspectivas de mudança. Este livro apresenta um recorte atual da minha tese de doutorado, a partir da qual, retiramos fragmentos significativos para a nossa realidade e que representa, portanto, reflexões que permitem nos aproximar desse tipo de abordagem e legitimar de alguma maneira o quanto ela pode contribuir com o ensino participativo, engajado e transformador.

Tendo em vista o atual contexto político, econômico e socioambiental, agravado ainda mais pela pandemia, destaco aqui o meu posicionamento político-epistemológico com relação às questões ligadas à educação e o seu papel na sociedade atual, marcada por contradições e injustiças socioambientais. Estou certa de que devemos assumir uma postura cada vez mais implicada sobre o mundo, não só denunciando estruturas desumanizantes como também anunciando perspectivas de mudança, conforme nos orienta o educador Paulo Freire (1995). Assumo, então, uma postura crítica e cidadã, ciente da necessidade de articulação de outras cosmologias, visões de mundo, diferentes formas de compreender a natureza, na minha atuação docente, o que é fundamental para a compreensão holística do mundo em que vivo, o qual exige, cada vez mais, o olhar atento, integral, transdisciplinar e socioambiental.

As QSC na perspectiva CTSA têm ganhado espaço na área do ensino de Ciências, sendo um campo fértil para o desenvolvimento de habilidades, valores e atitudes condizentes com um ensino que, de fato, se pretenda crítico e humanístico. Aliar essas contribuições com a perspectiva freiriana nos ajuda a aprofundar na análise das relações de desigualdade e de opressão que se estabelecem ao nosso redor e que não observamos se estamos presos na cotidianidade, pois, quando não lançamos um olhar crítico para os problemas que nos rodeiam, não avançamos para uma consciência máxima possível.

Na metodologia utilizada na pesquisa, que deu origem a este livro, os licenciandos(as) lançaram o olhar crítico para a sua realidade, buscando observar problemas ali existentes, compreender como esses problemas surgiram, como afetam a sua vida e como podem intervir para solucioná-los. Nesse sentido, nas aulas, os estudantes sempre são ativos e protagonistas do seu processo de ensino e aprendizagem, o professor é orientador, aquele que mostra os caminhos, as lacunas, as possibilidades e os desafios da trajetória. Uma das possibilidades que este livro pretende discutir é sobre esse processo em que os estudantes se tornam professores mediante leitura do mundo, e se engajam a partir do quanto aqueles problemas afetam as suas vidas. Nós precisamos formar estudantes que não sejam apenas executores, mas propositores de currículos. É preciso pensar para além dos livros didáticos e isso não implica dizer que estes não devam ser utilizados ou que estes não sirvam, mas que os livros didáticos sejam apoio, auxílio, que sirvam então como orientação, mas que não sejam o único caminho possível para o ensino. Os alunos precisam, enquanto seres cognoscentes, observar, analisar, participar, experimentar, construir e problematizar a sua existência, para que, de fato, o aprendizado faça sentido. Os livros didáticos e materiais de apoio precisam, portanto, permitir a construção de experiências formativas que possibilitem a construção de aulas dinâmicas e participativas. O(a) professor(a), por sua vez, precisa estar atento(a) para a realidade local e global buscando dar significado ao ensino a partir daquilo que aflige a sua existência, o seu contexto. Por todo canto observamos a emergência de problemas sociocientíficos que revelam relações entre CTSA. Acreditamos que é nosso papel enquanto professores, de qualquer nível de ensino, desvelar os mitos que são reproduzidos em torno da ciência e tecnologia, para que possamos questioná-los e ao mesmo tempo reconhecer a sua importância ainda que em constante análise das relações de contradição e desigualdade que são produzidas no nosso contexto.

Precisamos ser professores engajados! para construir uma ciência preocupada com os nossos problemas, com uma agenda que nos pertença do ponto de vista epistemológico, histórico e ontológico.

Precisamos ser agentes de mudança e certamente isso perpassa o campo curricular, que é um espaço repleto de relações de poder e interesses particulares que ditam o que vai e o que não vai ser ensinado na escola. Mas, aquilo que fica do lado de fora da escola permanece nas nossas vidas e, portanto, deve ser problematizado nas salas de aulas. Desse modo, esse livro serve também como possibilidade de reflexão sobre a postura do professor em formação e aqueles(as) atuantes frente ao currículo escolar, sobre qual a função do seu ensino, sobre o que eu faço com os problemas que atingem a mim e a minha comunidade, sobre que tipo de professor estou sendo e como contribuo com os espaços de reflexão e mudanças os quais vivencio. É por isso que este livro se destina a um público amplo, desde aqueles professores que estão em formação e atuam na sala de aula, até aqueles que já estão atuando na educação básica ou superior e que acreditam no potencial que os referenciais teóricos e metodológicos utilizados podem exercer na sua prática. É importante salientar que existirão desafios, mas que também existem possibilidades que surgem nesse horizonte chamado de ensino por metodologias ativas, problematizadoras e participativas. Vamos juntos(as)? Eu espero que a leitura deste livro também os(as) afague no sentido de que trago aqui experiências que também indicam caminhos para um aprimoramento no que diz respeito aos métodos empregados e aos resultados encontrados. Assim, faz-se necessário mais experiências que retratam o emprego dessa metodologia no ensino fundamental, a fim de revelar possíveis dificuldades e potencialidades que contribuam com a formação dos licenciandos(as).

Quanto à estrutura do livro, ele está organizado em seções, as quais pretendem, primeiramente, situar o leitor sobre os fundamentos teóricos da educação CTSA, das QSCs e da pedagogia freiriana e suas contribuições para formação de indivíduos críticos e reflexivos. Nesta seção, buscamos dialogar com as bases teóricas que sustentam as principais ideias do livro, estabelecendo as aproximações e os distanciamentos entre essas bases, na tentativa de construção de abordagens de ensino dialéticas e transformadoras que contribuam com a

educação científica, a partir dos desafios do contexto social, científico e ambiental atual.

Na seção seguinte, serão apresentadas as propostas de ensino, discutindo, a partir da análise de dados produzidos na pesquisa, as contribuições e dificuldades encontradas. Em seguida, apresentaremos a análise de duas Sequências Didáticas (SD) que discutem problemas atuais e controversos. Na primeira, "Dengue: das soluções pautadas na ciência e tecnologia aos problemas socioambientais", discutimos aspectos conceituais, do campo das Ciências Naturais, sociais, políticas e ambientais que permitem uma compreensão ampliada do problema. É perceptível, na sala de aula e em alguns livros didáticos, um reducionismo com relação à abordagem de determinados temas relacionados ao ensino de Ciências, que dificulta a visualização desses temas como realmente são, em sua complexidade. Assim, muitos discursos apresentam saídas milagrosas frente aos surtos da doença, pautadas no salvacionismo científico e tecnológico, em detrimento da problematização dos gargalos sociais que impulsionam a "produção" dos surtos da doença.

Problemas sociais como a ausência de saneamento básico, o desmatamento, o aquecimento global, os processos de urbanização e de crescimento da indústria automobilística e de embalagens plásticas pouco são problematizados. Dessa forma, coloca-se o foco nas ações individuais e são minimizados os interesses particulares que envolvem fatores que causam ou agravam o problema. Tais argumentos podem dificultar a tomada de posicionamento consciente por parte dos(as) professores(as) em formação caso o tema não seja estudado de maneira a questionar a influência ideológica existente nos discursos que negam o papel de estruturas mais amplas como a política e da economia na produção desses problemas.

No capítulo "Desmatamento e seca do Rio Jiquiriçá: efeitos socioambientais para diferentes grupos sociais", é analisado o tema do desmatamento e da seca dos rios, assunto que sempre surge nos processos de investigação temática realizados nas nossas pesquisas. Consideramos esses temas complexos, possuindo alto potencial em

mobilizar conteúdos científicos, sociais e políticos essenciais para a formação crítica dos professores, sendo, portanto, uma oportunidade para superar fragmentações e obstáculos epistemológicos que limitam a compreensão do tema em sua integralidade. O tema também merece, urgentemente, uma análise aprofundada sobre as suas causas e a construção de práticas de ensino que discutam esses problemas em uma perspectiva crítica em sala de aula. O livro didático, muitas vezes, oferece uma visão fragmentada sobre essas questões. Nesse sentido, é preciso estender a análise ainda para as contribuições do desmatamento para o surgimento de pandemias e agravamento de epidemias, conforme observamos no cenário atual. O livro foi elaborado visando estabelecer alguma integração entre seus capítulos, assim, ainda que cada seção possa ser lida independentemente das outras, pois encerra um sentido em si mesma, também estão organizadas em um todo integrado, oferecendo alguma complementação umas às outras.

Para concluir esta apresentação, gostaria de agradecer a todas e todos que contribuíram com a produção deste livro, seja a partir de reflexões que me ajudaram a construir os meus ideais de pesquisa, seja a partir de questionamentos que nos fazem repensar todos os dias o nosso trabalho em sala de aula. Agradeço, portanto, às minhas orientadoras pelo apoio e questionamentos necessários; agradeço também aos estudantes que participaram desta pesquisa, os quais trouxeram para este livro as suas vivências, questionamentos e dúvidas necessárias para que eu avançasse enquanto professora e pesquisadora. Agradeço também à minha mãe, Venina Rodrigues da Silva, por ter sido a minha âncora, meu porto seguro quando eu estava na busca por meus sonhos. Ela sonhou junto comigo e presenciou a concretização dos meus objetivos; ela, mais do que ninguém, sabe o quanto foi difícil, e o quanto seu apoio foi indispensável. Obrigada, Mãe!

Maria Aparecida da Silva Andrade
Cruz das Almas, janeiro de 2024

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesta seção, buscaremos dialogar com as bases teóricas que sustentam esta pesquisa, estabelecendo as aproximações e os distanciamentos entre essas bases, na tentativa de construção de abordagens de ensino dialéticas e transformadoras que contribuam com a educação científica, a partir dos desafios do contexto social, científico e ambiental atual. Assim, discutiremos, nesta seção, a importância do trabalho com Questão Sociocientífica (QSC) na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) e as possibilidades de convergência com pressupostos freirianos na formação de professores(as) críticos(as) e reflexivos(as). As reflexões e resultados de pesquisas presentes neste livro fazem parte da tese de doutoramento defendida em 2020 pela autora. A seleção do material que compõe o livro foi realizada a partir de uma revisão sobre os aspectos teóricos e sobre as experiências práticas realizadas na tese, buscando apresentar aqui os resultados mais significativos e representativos da realidade que vivenciamos, ou seja, buscamos apresentar, no livro, discussões de problemas sociocientíficos que dialogam com a realidade existencial de estudantes e professores. Nesse sentido, este livro se destina a professores e estudantes dos mais variados níveis e modalidades que, assim como eu, buscam na realidade, o sentido para as práticas de ensino em Ciências Naturais.

Quanto à estrutura organizacional do livro, a obra está dividida em seções, as quais se dividem primeiramente em discutir os fundamentos teóricos da educação CTSA, das QSCs e da pedagogia freiriana na formação de indivíduos críticos e reflexivos. Nesta seção, tentaremos fazer um diálogo entre as bases teóricas da pedagogia freiriana e de Questões Sociocientíficas, na tentativa de construção de abordagens de ensino dialéticas e transformadoras que contribuam com a educação científica, a partir dos desafios do contexto social, científico e ambiental atual. Assim, discutiremos também a importância do trabalho com QSC na perspectiva CTSA e as possibilidades de convergência com pressupostos freirianos na formação de professores(as) críticos(as) e reflexivos(as).

Nas seções seguintes, serão apresentadas as propostas de ensino, discutindo, a partir da análise de dados produzidos na pesquisa, as contribuições e dificuldades encontradas no trabalho com QSC na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana. A fim de oferecer aos leitores certa clareza quanto à composição das propostas, buscamos manter uma determinada estrutura para os capítulos que comporão as seções que se destinam à descrição das experiências em sala de aula. Na segunda seção, apresentaremos a análise de duas SDs que discutem problemas atuais e controversos, a saber: "Dengue: das soluções pautadas na ciência e tecnologia aos problemas socioambientais" e "Desmatamento e seca do Rio Jiquiriçá: efeitos socioambientais para diferentes grupos sociais". Atualmente, vivenciamos um reducionismo com relação a determinados temas voltados ao ensino de Ciências, que impedem as pessoas de ver o problema como realmente se apresentam na sociedade. Ao tratar sobre as controvérsias existentes acerca do vírus da zika e seu principal transmissor, *Aedes aegypti*, existem interesses particulares liderados pela indústria farmacêutica, aliada a ideologias voltadas à ciência e tecnologia, apresentando soluções milagrosas para a epidemia, enquanto pouco se discute sobre a proliferação do mosquito ser tão intensa em regiões periféricas do país. Assim, muitos discursos apresentam saídas milagrosas frente aos surtos da doença, pautadas no salvacionismo científico e tecnológico, em detrimento da problematização dos gargalos sociais que impulsionam a "produção" dos surtos da doença.

Problemas sociais como a ausência de saneamento básico, o desmatamento, o aquecimento global, os processos de urbanização e de crescimento da indústria automobilística e de embalagens plásticas pouco são problematizados. Dessa forma, coloca-se o foco nas ações individuais e são minimizados os interesses particulares que envolvem fatores que causam ou agravam o problema. Tais argumentos podem dificultar a tomada de posicionamento consciente por parte dos(as) professores(as) em formação caso o tema não seja estudado de maneira a questionar a influência ideológica existente nos discursos que negam o papel de estruturas mais amplas como a política e a eco-

nomia na produção desses problemas. O tema do desmatamento também merece urgentemente de uma análise aprofundada sobre as suas causas e a construção de práticas de ensino que discutam esses problemas em uma perspectiva crítica em sala de aula. O livro didático, muitas vezes, oferece uma visão fragmentada sobre essas questões. Nesse sentido, é preciso estender a análise ainda para as contribuições do desmatamento para o surgimento de pandemias e agravamento de epidemias, conforme observamos no cenário atual. O livro foi elaborado visando estabelecer alguma integração entre seus capítulos. Assim, ainda que cada capítulo possa ser lido independentemente dos outros – pois encerra um sentido em si mesmo –, os diferentes capítulos estão organizados em um todo integrado, oferecendo alguma complementação uns aos outros.

Este livro é inspirado na pedagogia freiriana, que é pensada no âmbito da politização dos educandos e parte do princípio de que os homens e mulheres devem compreender a sua realidade para, em seguida, modificá-la. Freire (1967) pensava em uma alfabetização ligada à democratização da cultura. Nesse processo, o homem[1] não era só paciente, recebedor de regras e palavras, mas era ser constituinte do processo. Todo o sentido da palavra deveria, assim, fazer-se em contato com aqueles que a utilizavam em seu contexto, que partisse de questões existenciais dos grupos, levando o homem a refletir sobre a sua vocação ontológica em ser sujeito, e não massa.

O indivíduo precisa descobrir-se como fazedor do mundo de cultura e ser visto(a) como criador e transformador(a) do contexto. No livro *Educação como prática da liberdade*, Freire mostra como, após as discussões sobre o conceito antropológico de cultura, foi possível a construção da consciência máxima possível dos educandos, como podemos observar nas seguintes frases: "Faço sapatos", disse outro, "e descubro agora que tenho o mesmo valor do doutor que faz livros"

1 Freire usa frequentemente o termo "homem" em sua obra para se referir a homens e mulheres, ou seja, em um sentido genérico.

(Freire, 1967, p. 107). Somente a partir da transição de uma consciência real efetiva para a consciência máxima possível seria viável romper com a inexperiência democrática que assolava o povo em decorrência das contradições políticas vivenciadas; só através da formação de indivíduos que pudessem questionar e participar das decisões políticas seria possível evitar a sua massificação. Segundo Freire (1985, p. 30), "[...] a consciência máxima possível nasce da possibilidade de o oprimido contemplar, no sentido crítico, a sua obra, e como o produto do seu trabalho se distribui no processo social". Já na consciência real efetiva, os homens se encontram limitados na possibilidade de perceber mais além das situações-limite; se veem, portanto, esmagados por determinantes históricas instransponíveis. Assim, a construção do pensamento crítico, para Freire, perpassa pelo trabalho, que deve ser realizado com as pessoas para que elas entendam seu papel na sociedade e adquiram consciência de classe, da sua realidade existencial e da sua potencialidade em pensar o mundo e modificar as relações de opressão e desigualdade.

Freire avançou ao pensar em uma pedagogia que proporcionasse a compreensão e a intervenção crítica na realidade existencial dos indivíduos; teoria e prática, juntas, mostraram que a leitura do mundo precede a leitura da palavra. Na sociedade atual, visualizamos a necessidade de pensarmos em currículos que proporcionem aos indivíduos a compreensão crítica do seu próprio papel político e social. Faz-se necessário repensar o sentido e o objetivo da educação brasileira, não somente tendo em vista as suas necessidades socioculturais particulares, mas para nos aproximarmos do sentido que a educação deve ter para uma nação. A pedagogia freiriana ressalta que a educação deve ter o papel de resgatar valores voltados para a emancipação humana, para a humanização. Esse não é o propósito da elite opressora, uma vez que lhe interessa, enquanto classe historicamente dominante, manter as condições de reprodução da sociedade, para que os homens e mulheres continuem na desesperança em mudar as suas condições de vida (Freire, 1995). Nesse panorama, faz-se necessário, no ensino de Ciências, problematizar as relações existenciais que envolvem a rea-

lidade dos(as) educandos(as), a fim de construir uma postura crítica com relação aos impactos e relações mútuas entre CTSA.

A abordagem das QSCs, que são problemas controversos que possuem uma dimensão científica, relação com tecnologia e impactos na sociedade e no ambiente, na perspectiva CTSA, pode ser um meio pelo qual poderemos alcançar níveis significativos de alfabetização científica, por meio da discussão de problemas locais e globais em sala de aula. Para Hodson (2004), o currículo para o Letramento Científico Crítico (LCC) pode ser alcançado a partir de quatro níveis, a saber: nível 1: reconhecer as múltiplas relações entre CTSA, vendo-as como construção social e passível de interesses; nível 2: entender que a atividade científica é envolvida por interesses e jogos de poder; nível 3: reconhecer a importância da participação pública nas decisões que envolvem ciência e tecnologia, tendo em vista a adoção de posicionamento crítico frente ao problema; nível 4: superar o *status quo* da ciência e da tecnologia, por meio do desenvolvimento de ações sociopolíticas, tendo em vista o alcance de espaços democráticos e justos do ponto de vista socioambiental. Pretendemos alcançar, em algum grau, esses níveis de alfabetização, tendo em vista a necessidade do enfrentamento dos problemas socioambientais endossados pelos avanços científicos e tecnológicos.

A abordagem de QSC permite a articulação de dimensões da ciência, da tecnologia, da sociedade e do ambiente, e seus condicionantes políticos, sociais, ambientais, econômicos e ideológicos. Ao mobilizar tais dimensões, espera-se que o indivíduo construa uma visão crítica sobre os impactos de ciência e tecnologia na sua vida e no meio em que vive. Dessa forma, o ensino de Ciências, quando realizado tendo como base princípios teóricos que levem em conta a formação científica, moral e ética dos estudantes, pode permitir avanços no sentido de superar o ensino tradicional e conteudista que muitas vezes é predominante nos espaços educativos em detrimento de reflexões mais amplas relacionadas a aspectos políticos e socioambientais que são vivenciados. Além disso, ao utilizar as dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (CPA) dos conteúdos, buscamos garantir que

os alunos alcancem uma formação de conceitos relacionados a disciplinas envolvidas, como também de valores e atitudes. Dessa forma, o uso de QSC na perspectiva CTSA, aliado à pedagogia freiriana, poderá fornecer contribuições pedagógicas, didáticas, éticas e epistemológicas para a formação de professores(as) na perspectiva crítica, reflexiva e humanística.

Nessa perspectiva, o objetivo desta seção é apresentar as possíveis relações teóricas e metodológicas entre a abordagem de QSC na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana, bem como analisar as contribuições dessa união para a formação crítica e reflexiva de professores de Ciências dos anos iniciais.

QSC NA PERSPECTIVA CTSA

apontamentos para a formação de professores

Não é de hoje que falamos sobre um novo sentido para a educação em geral e para o ensino de Ciências. A renovação necessária no ensino de Ciências passa pela modificação do sentido da educação para os professores, alunos e para a própria escola. Dessa forma, vivenciamos, no contexto atual, a supervalorização da aprendizagem de conteúdos para a reprodução em provas e testes, o que caracteriza uma educação propedêutica e com objetivos puramente voltados para o capital, para a reprodução da estrutura de sociedade opressora e, muitas vezes, despreocupada com a participação dos indivíduos nos assuntos que envolvem questões públicas envolvendo a ciência.

Freire (1970), em uma análise sobre a educação bancária, critica as modalidades de ensino que não se preocupam com a formação humanística dos estudantes. Para isso, devemos nos comprometer em ensinar também, aos indivíduos, valores que lhes permitam entender a realidade em que vivem e intervir nela, formando sujeitos capazes tanto de denunciar problemas como de anunciar perspectivas de mudança. O tornar-se humano, para Freire (1967, 1970), é, sobretudo, permitir aos indivíduos descobrir-se como seres capazes de provocar mudanças em suas histórias de vida e nas situações de opressão experenciadas. É superar a consciência real efetiva para alcançar a consciência máxima

possível[2], e permitir-se alcançar a vocação ontológica do homem em ser povo de direito e não massa. A educação bancária "coisifica" os homens e mulheres, segue a lei do capital e os estigmatiza. O objetivo é manter o *status quo*, é manter os oprimidos onde estão, nessa mesma condição. Na educação científica, assistimos a tendências fortemente tecnicistas de ensino, nas quais há uma falta de comprometimento com as transformações socioambientais e com como elas podem intervir na nossa vida na terra (Andrade; Nunes-Neto; Almeida, 2018; Hodson, 2018; Torres; Solbes, 2018).

Ao nos preocuparmos em ensinar coisas, muitas vezes, esquecemo-nos de ensinar as pessoas a pensar, por meio de uma educação ligada à vida, sobretudo à sua própria vida. Assim, é crucial um trabalho de formação em que os(as) professores(as) tenham consciência acerca do seu papel social, em uma sociedade marcada por conflitos socioambientais, "[...] por demandas de mercado, os quais determinam estilos de vida, modos de pensar e formas de se relacionar com a natureza" (Carnio; Carvalho, 2013, p. 23). Segundo Angotti e Auth (2001), estamos em meio a tendências de ensino que demandam o desvelamento e a compreensão da complexidade. Acreditamos que, através do entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente, incluindo as relações éticas da construção e da aplicação do conhecimento científico, poderemos avançar na construção de práticas de ensino mais envolvidas com a realidade existencial, local e global, bem como com a construção de indivíduos letrados cientificamente (Bencze *et al.*, 2018; Santos; Silva; Silva, 2018;

2 Freire (1987, p. 126), a partir de Goldman, esclarece que a consciência real efetiva é aquela em que "[...] os homens se encontram limitados nas suas possibilidades de perceberem além das situações-limites, o que chamamos de inédito-viável". A consciência máxima possível envolve a superação de obstáculos para vislumbrar possibilidades de transformação do mundo. Assim, as soluções de mudanças, que antes não eram vistas como possíveis, agora são vislumbradas pelos indivíduos (Freire, 1986). O conceito de inédito viável também é discutido por Freire (1987) e representa uma solução não percebida e ainda "inédita" para os indivíduos.

Tenreiro-Vieira; Vieira, 2013). O uso de QSC no contexto educacional, apesar de ter sido adotado desde a década de 1970 na Inglaterra para tratar controvérsias nas áreas de humanas, é novo no Brasil, conforme aponta Santos (2018). Segundo Silva e Gehlen (2016), nos anos 1980, o uso de QSC começou a se intensificar no ensino devido ao desenvolvimento de pesquisas nos campos da genética, da biotecnologia e da engenharia genética, trazendo a necessidade de discutir aspectos relacionados à bioética.

O uso de QSC possibilita pôr em prática um currículo preocupado com os desdobramentos dos problemas socioambientais na vida dos(as) educandos(as), a partir da perspectiva CTSA (Conrado, 2017; Martínez-Pérez, 2012; Merchán, 2014). O comprometimento da educação científica com as transformações sociais tem encontrado meios para a efetivação de práticas de ensino críticas e participativas por meio do uso de QSCs no Brasil (Andrade *et al*., 2016; Carvalho; Carvalho, 2012; Conrado, 2013; Paiva, 2019; Santos, 2012), e em outros países (Bencze; Alsop, 2014; Hodson, 2013; Martínez-Pérez, 2012; Reis, 2014; Sadler, 2011; Zeidler *et al*., 2005).

As QSC, na perspectiva CTSA, têm sido empregadas no ensino de Ciências, permitindo a mobilização de conceitos e valores (Andrade *et al.,* 2016; Conrado, 2013). Sobre a mobilização dos conteúdos escolares sob um ponto de vista bastante difundido atualmente, um modelo que nos ajuda a refletir a construção de estratégias visando à formação integral dos estudantes é discutido por Zabala (1998), para o qual os conteúdos podem ser organizados em três dimensões, a saber: Conceitual, Procedimental e Atitudinal (CPA). Para Zabala e Arnau (2010), a organização curricular é baseada, muitas vezes, na divisão de disciplinas que tem gerado uma fragmentação do saber em vários campos científicos desconectados, o que tem contribuído para a construção de visões de mundo cada vez mais isoladas e lineares, sem as reflexões necessárias às condições de vida atuais. Conrado (2017) apresenta um modelo teórico de ensino baseado em QSC, numa perspectiva CTSA, em que alia o uso de QSC com dimensões CPA dos conteúdos.

Nesse sentido, tentamos aliar essa forma de uso de QSC na perspectiva da educação CTSA com a pedagogia de Paulo Freire, na medida em que as dimensões CPA possibilitam à QSC mobilizar conhecimentos de diferentes naturezas epistemológicas, valorizando a tomada de decisão socioambientalmente responsável e o pensamento complexo demandado pelos problemas sociais, assim como é de interesse de uma pedagogia que se assume freiriana (Andrade, 2016). Acreditamos que aliar esses referenciais de QSC, CTSA e da pedagogia freiriana, adotando uma visão sobre as dimensões CPA dos conteúdos escolares, pode ser uma estratégia interessante, inclusive para a melhor organização/explanação dos conteúdos no ensino a partir de um determinado tema, auxiliando os(as) estudantes do ponto de vista metodológico e epistemológico. Para avaliar e atuar de modo responsável sobre um problema sociocientífico, o indivíduo precisa analisá-lo considerando os conhecimentos científicos, locais e tradicionais, identificando suas controvérsias e interesses particulares que envolvem o tema, além de entender os valores éticos envolvidos, para ser o mais justo possível na sua decisão; dessa forma, o indivíduo precisa lançar um olhar complexo e sensível à sua realidade.

Somente no período pós-Segunda Guerra Mundial, frente ao agravamento dos desastres ambientais, os(as) estudiosos(as) perceberem a importância de compreender as questões éticas, da qualidade de vida e da participação popular nas decisões públicas envolvendo as produções científicas e tecnológicas. Assim, passou-se a questionar o papel do conhecimento científico frente às transformações geradas pela tecnologia e os efeitos socioambientais (Santos, 2007). Atualmente, esse raciocínio é ainda mais necessário, tendo em vista os problemas socioambientais que estamos enfrentando, os quais envolvem sempre dimensões científicas e tecnológicas. Segundo Carnio e Carvalho (2013), mesmo a ciência e a tecnologia experimentando avanços em suas produções, percebeu-se que esse desenvolvimento nem sempre era capaz de proporcionar qualidade de vida a todas as parcelas da população; começou, então, a cair por terra a visão linear de que ciência e tecnologia, sempre trariam bem-estar social e de que era preciso

estar atentos para as suas descobertas e aplicabilidades, avaliando seus riscos. As inovações da ciência e da tecnologia, em sua maioria, eram acompanhadas pela falácia de que era possível superar as necessidades básicas de sobrevivência de todos; no entanto, continuou-se observando a existência de problemas estruturais básicos como a fome e a desigualdade social. É interessante notar que a própria Revolução Verde, que levou para o campo tecnologias como os agrotóxicos, sementes transgênicas, grandes máquinas, mecanizando esse espaço, foi justificada pelo ideal de acabar com a fome no período pós-guerra; mas, no entanto, o que se observou foi o aumento das desigualdades sociais, dado pela expropriação dos agricultores do seu trabalho, e a transformação do alimento em mercadoria. Percebe-se, dessa forma, que o problema da fome envolve questões políticas e éticas, e não somente a disponibilidade de alimentos (Boff, 2012).

Portanto, vale ressaltar que, muitas vezes, as transformações vindas pela ciência e pela tecnologia podem aumentar a expectativa de vida de determinado público, atendendo a determinadas parcelas da população, e não a outras, causando um aumento da desigualdade social, ao invés de promover a igualdade, traduzindo-se em um avanço excludente, na medida em que amplia as diferenças sociais. Essa visão linear de CTSA tem sido cada vez mais questionada na atualidade, através do questionamento do uso, por exemplo, de agrotóxicos, dos transgênicos, o impacto do lixo na biosfera, dentre outras problemáticas. Bazzo (2016) salienta que é preciso voltar a formação de indivíduos que sejam capazes de avaliar os impactos de ciência e tecnologia na sociedade e no ambiente, compartilhando um projeto em que ética e democracia andem juntas, em prol de um ambiente equilibrado.

Segundo Auler (2002, p. 37), "o prestígio adquirido pela comunidade científica, com o projeto Manhattan e a bomba atômica, contribuiu para que se estabelecesse um 'contrato' entre a comunidade científica e a sociedade, intermediada pelo Estado". Quando ciência, tecnologia e indústria se aliaram, passou-se a se disseminar o discurso determinista de interdependência entre tecnologia e progresso.

Nesse momento, a população começa a questionar a visão linear de desenvolvimento entre CTSA, a qual defende que ciência e tecnologia sempre trariam bem-estar social, no período pós-guerra (Auler; Bazzo, 2001; Santos, Mortimer, 2002).

> Após a segunda guerra mundial nos EUA, assumiu-se que a ciência havia contribuído significativamente para vencer a guerra, assim poderia, igualmente, servir para satisfazer as necessidades da defesa nacional, do crescimento econômico e da melhora das condições de vida dos cidadãos. Não só nos EUA, mas também na Europa, difundiu-se a ideia de que se a ciência havia sido decisiva para a vitória das tropas aliadas, também seria um fator determinante na competição econômica internacional e na luta política entre os modelos capitalista e comunista. Estava implícito, nesse relatório, o surgimento da 'era dourada' para a ciência, considerando os abundantes recursos públicos disponíveis para a investigação científica (Auler, 2002, p. 25).

A Revolução Verde, após a Segunda Guerra Mundial, sob o pretexto de superar a fome, gerou sementes modificadas e mecanização do campo, causando uma série de desdobramentos na agricultura, na sociedade e no ambiente (Andrade, 2016). Assim, sob o ideal de aliar progresso e tecnologia, a Revolução Verde foi posta em prática em todo o mundo, fomentando atualmente o modelo de produção de alimentos pautado no agronegócio, o qual depende do monocultivo de grandes latifúndios e do uso de agrotóxicos, gerando impactos sociais como: concentração de renda, dependência do emprego do veneno, êxodo rural e grandes lucros para as multinacionais produtoras de transgênicos e agrotóxicos (Andrade, 2016). Observamos que a resolução do problema da fome não passa somente por inovações tecnológicas, não basta otimizar a produção investindo em biotecnologia, mas é preciso pensar em distribuição de alimentos, pensar no alimento como fonte de vida a que todos têm direito, sem exceção. À época, as tecnologias que foram importadas dos Estados Unidos foram utilizadas, mas, sem pensar nos desdobramentos que eles poderiam ter na sociedade, inte-

ressava apenas que esta geraria progresso. Nesse sentido, pensou-se apenas em uma resolução técnica, que não incluía medidas sociais e culturais (Auler, 2002).

Assim, como Rachel Carson chamou atenção, nos anos 1960, contra o uso do Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), o modelo de produção de alimentos baseado na monocultura e no uso de agrotóxicos vem sendo alvo de críticas e protestos de boa parte da sociedade, à medida que observamos a ocorrência de doenças relacionadas ao uso dos agrotóxicos, o que vem sendo apresentado como um problema de saúde pública, principalmente nos países em desenvolvimento que possuem a sua economia baseada no agronegócio, como é o caso do Brasil (Araújo *et al.,* 2007). Os desdobramentos na biosfera desse modelo de agricultura são alarmantes; a temperatura da terra tem aumentado, estamos perdendo biodiversidade, as abelhas – organismos tão importantes na manutenção da qualidade e na quantidade de alimentos, estão morrendo, em nome de um modelo de agricultura e agropecuária devastador, que ainda nos coloca em condições de risco potencial para o surgimento de novas pandemias e agravamento de epidemias (Marques, 2020).

Santos (2007) e Auler (2007) defendem que os objetivos do currículo Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) devem ser pautados na formação ética, de compromisso social, de respeito às opiniões diversas, tornando-os capazes de refletir sobre os impactos do capitalismo em suas vidas, entendendo a natureza da ciência e do trabalho científico, considerando a sua historicidade. Segundo Freire (1996, p. 130), "o progresso científico e tecnológico que não responde fundamentalmente aos interesses humanos, às necessidades de nossa existência, perdem, para mim, sua significação". Assim, para este autor,

> A todo avanço tecnológico haveria de corresponder o empenho real de resposta imediata a qualquer desafio que pusesse em risco a alegria de viver dos homens e das mulheres. A uma tecnologia que ameaça a milhares de mulheres e homens de perder seu trabalho deveria corresponder outro

> avanço tecnológico que estivesse a serviço do atendimento das vítimas do progresso anterior (Freire, 1996, p. 130).

Nesse sentido, o autor chama a atenção para os aspectos éticos do progresso da ciência e da tecnologia, pondo essas mudanças a serviço dos seres humanos, para que não levem milhares de pessoas à desesperança, salientando condições de desigualdade e de injustiça socioambiental.

> A ciência e a tecnologia oferecem contribuições à humanidade (e.g., a teoria da evolução, os avanços técnicos que permitem comunicação a grandes distâncias etc.). No entanto, podemos observar distorções vindas da própria ciência e tecnologia, principalmente, se fizermos uma análise histórica (e.g. a eugenia, a bomba atômica etc.) (Andrade, 2016, p. 72).

A publicação do livro *Primavera silenciosa*, de Rachel Carson, em 1962, no qual a autora chamava a atenção para os problemas trazidos pelo inseticida DDT na cadeia alimentar ao se acumular nos tecidos adiposos de homens e animais, e o livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn, publicado também em 1962, aprofundaram os debates sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, contribuindo para que a ciência e tecnologia fossem deslocadas para o campo do debate político, chamando a atenção para a necessidade de discussões envolvendo a dimensão social da ciência (Auler; Bazzo, 2001; Auler, 2002). Esse contexto ajudou inclusive os movimentos ambientalistas a se fortalecer diante dos problemas socioambientais. A abordagem CTSA vem contribuindo com valores que podem nos ajudar a questionar a lógica capitalista que vem influenciando a ciência e a tecnologia, auxiliando na não-naturalização das mazelas sociais e ambientais produzidas pelo capitalismo. Assim, para se fazer ciência e refletir sobre seus impactos, questionando mitos historicamente estabelecidos que nos levam a ter verdadeira fé na ciência e na tecnologia quanto à resolução de problemas da humanidade faz-se necessária a formação crítica e reflexiva (Hodson, 2004). No entanto, sabemos que não é bem assim que essas relações

acontecem na realidade e cabe a nós, professores de Ciências, realizar nas salas de aulas, discussões que permitam a desconstrução desses mitos. Nesse sentido, uma importante contribuição que é realizada no ensino de Ciências é a reflexão sobre o caráter provisório do conhecimento produzido pela ciência, o que possibilita analisar as aplicações desse empreendimento, levando em conta as controvérsias dos especialistas, a existência de crises e limitações desses conhecimentos (Carnio; Carvalho, 2013). Para Cerezo (1998, p. 44), um ensino segundo a perspectiva CTSA deve

> [...] apresentar a ciência-tecnologia não como um processo ou atividade autônoma que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo, mas sim como um processo ou produto inerentemente social em que os elementos não técnicos (por exemplo, valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas etc.) desempenham um papel decisivo em sua gênese e consolidação.

Conhecendo a provisoriedade da ciência, os cientistas trabalham com a perspectiva de superação contínua do conhecimento produzido, o que caracteriza a concepção de "avanço" científico. Portanto, é importante estarmos atentos para as modificações trazidas pela junção entre ciência, tecnologia e capital, e para discursos que não se preocupam em compreender com profundidade seus impactos na sociedade.

As QSC têm se apresentado como uma possibilidade de pôr em prática um ensino mediatizado pelas questões que envolvem ciência e tecnologia na atualidade, por meio da discussão sobre as relações CTSA que envolvem a natureza da ciência, aspectos éticos, históricos e políticos que envolvem a produção da ciência. Segundo Ratcliffe e Grace (2003), as QSC são baseadas na ciência, possuem ampla divulgação nos meios de comunicação, incidem sobre ela opiniões controversas, possuem desdobramentos locais e globais, apresentam relação com a sociedade e o ambiente e abordam valores éticos e morais. Questões como a clonagem, a manipulação de células-tronco, os transgêni-

cos, o uso de biocombustíveis, a fertilização *in vitro*, o uso de drogas, o declínio de polinização por abelhas, o uso de agrotóxicos, a alimentação saudável, a manipulação do genoma de seres vivos, o rompimento de barragens, as pandemias e o desmatamento são exemplos de QSCs (Martínez-Pérez; Carvalho, 2012).

Para que o uso de QSC no contexto da educação CTSA de fato cumpra com seus objetivos formativos, faz-se necessário planejar os objetivos de aprendizagem que se pretende alcançar, fundamentos e recursos didáticos com vistas a uma formação integral e crítica (Conrado, 2017). Para que a mudança que queremos alcance os espaços escolares, precisamos nos preocupar com a divulgação e coconstrução junto à educação básica, para que possamos de fato almejar uma perspectiva de mudança dos atuais padrões de ensino e aprendizado de Ciências nas escolas.

Formar o professor para atuar criticamente envolve desde a compreensão do seu papel na sociedade, a sua participação na definição de estratégias de ensino, de problemáticas, do quê ensinar e para quê ensinar (Martínez-Pérez; Carvalho, 2012), por isso, faz-se tão relevante, na formação dos licenciandos, o olhar crítico sobre o currículo e sobre as potencialidades dos problemas do contexto para a formação reflexiva deles. A relevância dos temas que tratam das relações entre CTSA é incontestável no contexto socioambiental atual, marcado pelo domínio da economia sobre a política e por uma política orientada por valores éticos e morais individualistas, o que tem um efeito devastador para a vida no planeta (Boff, 2012). O professor de Ciências precisa compreender qual deve ser o seu papel nessa dinâmica sociopolítica na qual uma visão crítica da ciência e da tecnologia pode ser capaz de gerar posicionamentos e ações frente a problemas socioambientais atuais. Pesquisas indicam que os professores de Ciências encontram dificuldades em abordar questões relativas a poder e raciocínio ético, devido à maneira como a ciência vem sendo apresentada à sociedade, como neutra e destituída de valores (Martínez-Pérez, 2010; Santos; Silva; Silva, 2018). Por conta de problemas curriculares e em sua formação, os professores tornam-se vítimas desse processo de com-

preensão da natureza controversa e das relações de poder e interesses particulares que permeiam o universo da ciência e da tecnologia. Dessa forma, dificilmente são realizadas atividades pedagógicas que se preocupam em apresentar aos estudantes os usos e abusos da ciência e da tecnologia; ainda, essa concepção afasta os homens e mulheres comuns da atividade científica (Martínez-Pérez, 2012; Pedretti *et al*., 2006). A ciência, assim, permanece intocável, ou seja, sem que se questione a atividade científica para a manutenção do *status quo*, que mantém também as desigualdades sociais.

Segundo Martínez-Pérez (2012), os(as) professores(as) de Ciências, na maioria das vezes, são formados em áreas específicas do conhecimento e não possuem, em sua formação, espaços de discussão de aspectos éticos, políticos, econômicos relacionados aos avanços científicos e tecnológicos. No curso de Pedagogia, a formação polivalente, quando realizada sem o devido aprofundamento e conexão entre as áreas de conhecimento, pode dificultar ainda mais a formação crítica dos(as) estudantes. Esse amplo campo de atuação compromete a formação do(a) pedagogo(a) como professor(a) polivalente para atuar na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental, corroborando os estudos de Gatti e Barreto (2009), Leite e Lima (2010) e Libâneo (2010). Para Pimenta e demais autores (2017, p. 19), em pesquisa realizada no estado de São Paulo, "[...] a formação dos/as pedagogos/as, em sua grande maioria, se mostra frágil, superficial, generalizante, sem foco na formação docente, fragmentada e dispersiva, devido a este caráter polivalente". Mas, não deveria ser assim, pois a formação polivalente, também pode nos oferecer a possibilidade de dialogar com diferentes áreas de conhecimento, na busca por uma formação crítica e integral. No entanto, ver a ciência e sua relação com tecnologia, sociedade e ambiente, em seus aspectos epistemológicos, políticos e ideológicos, torna-se mais uma barreira a ser superada na formação dos pedagogos, sobretudo, no que tange o ensino de Ciências, uma vez que construir uma concepção de ciência enquanto construção social, passível de erros e histórica, é essencial para a alfabetização científica. Pedretti e demais autores (2006) esclarecem que os(as) professores(as)

do ensino secundário são, muitas vezes, especializados(as) e não têm antecedentes em sociologia, política, ética e economia, necessários ao debate com QSC na perspectiva CTSA. Para Acevedo e demais autores (2005), os problemas a serem enfrentados pelos professores(as), para o trabalho a partir de CTS, envolvem a falta de preparo para trabalhar o tema, a ausência de materiais que auxiliem na construção de atividades e a superação de uma postura envolvida por crenças a respeito das relações CTS.

Segundo Pedretti e demais autores (2006), muitos(as) professores(as) acreditam que a complexidade das QSC subestime o currículo e abra espaços para questionamentos sobre o papel do professor em transmitir conhecimento científico. Dessa forma, o uso de QSC enfrenta, em seu processo de implementação, crenças acerca do papel do(a) professor(a), que é visto pela grande maioria como sendo apenas transmissor de conhecimentos, o que precisa ser urgentemente ressignificado. Observa-se também questionamentos sobre quais práticas de ensino devem ser utilizadas e quais conteúdos são merecedores de ser discutidos no espaço da sala de aula, tendo em vista as necessidades formativas previstas no currículo formal. Os(as) alunos(as) também sentem a diferença do método de ensino baseado em QSC, a exemplo do fato de o(a) professor(a) não ter uma resposta para um problema atual e não estar no controle da situação (Pedretti *et al.*, 2006).

Segundo Pedretti (2006), a vida profissional dos(as) professores(as) é constituída através de histórias de vida e trocas de experiências no seu mundo de trabalho, em um processo constante de fazer e refazer a sua prática, refletindo sobre ela constantemente. Dessa forma, só através da experiência com outras maneiras de abordagem dos assuntos podemos aproximar os(as) professores(as) de tendências inovadoras, tornando-os mais autônomos com relação às ideologias arraigadas acerca do papel do(a) professor(a) e do ensino de Ciências. Para Pedretti (2006), o sentimento de identidade pessoal ou profissional dos(as) professores(as) de Ciências se desenvolve, em parte, da sua aproximação com o conteúdo. O sentimento de que ele pode ser o único a estar trabalhando com a perspectiva teórica no seu contexto

pode gerar determinado desconforto, se o docente não estiver totalmente "convencido" dos seus propósitos e objetivos de ensino.

Contudo, a compreensão das relações CTS não é suficiente para que esses assuntos sejam discutidos, uma vez que fatores contextuais podem comprometer a implementação dessa tendência de ensino (Acevedo *et al.*, 2005). Assim, não é surpreendente que, embora o ensino com base nos pressupostos supracitados tenha ganhado força no contexto mundial, o progresso, na prática, ainda merece investimentos e atenção. Como desafios para o uso de QSC na perspectiva CTSA, Andrade (2016) e Martínez-Pérez (2012) citam: o currículo disciplinar, as condições do trabalho docente, que dificultam a apropriação e o aprofundamento da temática sociocientífica e o sistema burocrático da escola, que não renuncia às tradicionais formas de avaliação. Em suma, precisamos pensar na implementação de práticas de ensino comprometidas com a formação de professores(as) de Ciências, na busca pela superação de modelos de ensino e aprendizagem pautados apenas na formação conceitual dos(as) alunos(as). Matthews (1995, p. 165) sugere que, no ensino de Ciências, deve-se abarcar aspectos da história e da filosofia da ciência, para ajudar a "superar o mar de ausência de significados existentes nas salas de aulas de Ciências".

Segundo Martínez-Pérez (2012, p. 72), outra crença que precisa ser superada na formação de professores(as) é a "[...] compreensão do progresso científico como sendo um esforço individual, construído por seres humanos especiais, com capacidades intelectuais superiores, favorecendo a elitização da produção do conhecimento científico", o que contribui para afastar as pessoas comuns da ciência. Essa crença, fortemente enraizada, é reproduzida pelos livros didáticos, tornando a sala de aula um local onde há extrema propagação dessa visão elitista do cientista. Assim, a imagem do cientista é sempre um homem, vestido de branco, solitário, o que acaba por excluir outras identidades para essa profissão, o que se desdobra ainda em pouca participação pública das pessoas comuns em decisões que envolvem a ciência. Segundo Martínez-Pérez (2012) e Maiztegui e demais autores (2002), a tecnologia tem sido o aspecto das interações entre CTSA menos dis-

cutido pelos(as) professores(as), condição dada pela visão clássica da tecnologia como ciência aplicada e, portanto, inferior e livre de valor.

Para Bazzo (2016), a imagem de tecnologia como ciência aplicada faz com que os impactos produzidos pela ciência sejam transferidos à tecnologia. Assim, "concepções como neutralidade e universalidade, supostamente presentes na ciência, são transferidos à tecnologia", conforme salienta (Auler, 2002, p. 23). Segundo Angotti e Auth (2001), existem fortes ligações entre ciência e tecnologia e a tecnologia é mais próxima às competições do mercado, sendo muitas vezes voltada às necessidades da economia. No entanto, essa diferenciação vem sendo ressignificada, já que, em sua maioria, os avanços científicos dependem, de algum modo, de investimentos externos. Nesse contexto, o importante é que as metas do mercado e os interesses dos pesquisadores não sejam destoantes e prezem pelo bem-estar social. Fourez (1995) considera que a diferença mais significativa entre ciência e tecnologia esteja relacionada à sua aplicação, assim, enquanto o laboratório é lugar da ciência, a sociedade é o campo de aplicação da tecnologia. A tecnociência, que é a junção da ciência com a tecnologia, é cada vez mais comum no cenário mundial, trazendo preocupações para alguns setores da sociedade quanto aos seus impactos socioambientais quando ligada a interesses capitalistas (Cupani, 2004). Nos dias atuais, ciência e tecnologia se encontram de maneira tão imbricada, que é impossível estabelecer uma distinção entre elas, sendo, então, pertinente buscar compreender as interações entre ambas (Martínez-Pérez, 2012).

As pessoas, muitas vezes, não fazem relação entre o que é produzido, defendido, legitimado pela ciência e pela tecnologia com interesses particulares que demandam a produção e o uso inapropriado e devastador dos recursos naturais, como afirmam Cachapuz e demais autores (2005). Por isso, precisamos ensinar nossos alunos a compreender criticamente o que as ciências produzem e por que produzem certas coisas e não outras, e por que atendem a determinados interesses e a outros não, preparando-os para construir uma imagem de ciência tal como ela se apresenta nos diferentes espaços.

Assim, o ensino de Ciências deve se preocupar também em problematizar a realidade junto com as pessoas, para que estas possam compreender de maneira crítica o seu entorno e serem capazes de intervir na realidade onde vivem, e compreender também como a ciência e a tecnologia podem influenciar suas ações, suas práticas. Com isso, buscaremos superar o conceitualismo vazio que impera muitas vezes no ensino, aliando formação crítica e protagonismo socioambiental a partir de problemas do contexto dos indivíduos. Nesse sentido, observamos, no contexto escolar, a descontextualização do ensino, quando o(a) aluno(a) que chega à escola vê o lixo acumulado na rua; quando sofre com doenças epidêmicas causadas pela falta de saneamento; quando vivencia a falta de água em suas casas; ou quando tem uma alimentação inadequada, em que predominam gorduras saturadas, sal e açúcar. O livro didático oferece uma visão fragmentada sobre esses problemas. Assim, quando falta água, o problema é da empresa que fornece água à população, e não uma decorrência do desmatamento em escala local e global (Vissicaro; Figueirôa; Araújo, 2016). Da mesma maneira, as arboviroses nada teriam a ver com o desmatamento. As ações para combate da dengue, zika e chykungunya são sempre pautadas nos indivíduos, ao invés de se pensar na falta de saneamento básico e no desequilíbrio ambiental capaz de acentuar surtos dessas doenças (Gomes, 2017). A falta de água é sempre culpa do banho demorado, não se questionando quem utiliza mais esse recurso, como o avanço da fronteira agrícola, do agronegócio e da agropecuária a serviço de um consumismo que aparenta ser ilimitado (Detoni; Dadoni; Padilha, 2008). Segundo Freire (1996, p. 45), "[...] faz parte do poder ideológico dominante a inculcação nos dominados da responsabilidade por sua situação".

É preciso problematizar os conteúdos de ensino, preenchê-los de significados. Segundo Freire (1967), a problematização promove o exercício de ação e reflexão, levando ao conceito de práxis, bem como à formação do pensamento crítico, possibilitando o questionamento das contradições sociais, levando ao desvelamento pelo oprimido de sua realidade opressora.

> A exclusão social, a luta pelos direitos humanos e a conquista da melhora da qualidade de vida não podem ficar à margem dos currículos e, no momento, assumem uma importância cada vez mais evidente. Pela demanda de justiça social nos atuais parâmetros curriculares, muitas das temáticas vinculadas no ensino de Ciências são hoje consideradas 'temas transversais': educação ambiental, saúde, educação sexual. No entanto, a tradição escolar ainda determina que a responsabilidade do seu ensino recaia basicamente nas disciplinas científicas, principalmente a Biologia (Krasilchik, 2000, p. 89).

A concepção de currículos, voltados para a formação propedêutica, considera a escola como desvinculada da sociedade. A tendência para a formação de futuros cientistas, no âmbito da Guerra Fria, com

> O lançamento pelos russos do Sputnik, supostamente simbolizando a superioridade tecnológica destes em relação aos americanos, representou o pano de fundo para a configuração dos grandes projetos curriculares, elaborados por renomados professores universitários (Auler, 2007, p. 172).

Com isso, a tendência conteudista e tecnicista nos currículos voltada para a formação de cientistas passou a ser uma meta na tentativa de vencer essa corrida científica e tecnológica. Constantemente, encontramos argumentos em torno de qual deve ser o objetivo da formação no ensino de Ciências, argumentos que são a favor da formação de cientistas para a formação para a cidadania. Consideramos que esses argumentos não deveriam ser em si antagônicos, mas complementares, ou seja, para se alcançar uma formação para ser cientista, não deveria ficar de lado a formação cidadã.

Assim, a partir da abordagem de QSC na perspectiva CTSA com base na pedagogia freiriana, buscamos também denunciar as contradições, visando superar a fragmentação das relações existentes entre o homem e o mundo, por meio da contextualização entre CTSA. Esse olhar para o todo pode permitir aos indivíduos perceber de maneira

significativa a sua realidade, cuja análise crítica lhes possibilite reconhecer interações, movimentos e transgressões entre as suas partes (Freire, 1970). O trabalho de formação de professores na perspectiva CTSA permite uma abordagem que ultrapassa a formação conceitual e o verbalismo vazio. Assim, podemos alcançar níveis de autonomia dos(as) licenciandos(as) perante o currículo engessado da escola e em relação ao livro didático, que passa a ser visto como um apoio e não como um meio único de o professor planejar e elaborar as suas aulas (Martínez-Pérez *et al.*, 2010). Precisamos, portanto, formar professores para serem propositores de currículo.

Segundo Martínez-Pérez (2012), ainda não foi abandonado o modelo de racionalidade tecnocrática que tem orientado a elaboração de currículos e materiais educativos que, na maior parte dos casos, são realizados sem a participação dos(as) professores(as), reduzindo seu papel ao de meros(as) aplicadores(as) de currículos, negando-lhes a posição de intelectuais críticos(as) e transformadores(as). Essa nova concepção sobre o(a) aluno(a) e sua relação com o conhecimento científico permite o desenvolvimento de atitudes e valores, correspondendo ao entendimento da ciência como atividade cultural (Martínez-Pérez; Lozano, 2013).

Ainda, Martínez-Pérez e Lozano (2013) salientam que o trabalho com QSC permite mudanças no papel do aluno e do professor; esse último passou a ser, então, um(a) construtor(a) de currículos, sendo exigido desse profissional a compreensão de pressupostos éticos, sociais e políticos da ciência e tecnologia, não lhe cabendo mais a atribuição apenas do caráter prático – de aplicação – do trabalho pedagógico, mas a construção e a idealização de propostas curriculares. Segundo Carnio e Carvalho (2013), o trabalho com QSC na perspectiva CTSA permite aos(às) alunos(as) considerarem a ciência como algo complexo e susceptível às determinações sociais, possibilitando a construção de uma concepção de ciência mais contextualizada, condizente com a formação da autonomia e criticidade.

Sabemos que o ensino de Ciências, a partir do trabalho com QSC em sala de aula, potencializa a participação dos(as) alunos(as) e pro-

move a educação aberta e crítica, que contribui para a educação do(a) cidadão(ã) (Andrade, 2016; Conrado, 2017; Paiva, 2019). Nesse panorama, Martínez-Pérez e Lozano (2013) constataram que o tratamento de uma questão sociocientífica sobre transgênicos possibilitou a mobilização de importantes debates éticos, fomentando a formação para a cidadania, bem como a reflexão sobre temas polêmicos, ajudando os(as) estudantes a se posicionarem criticamente. Merchán (2014) e Zeidler e Nichols (2009) e Jones e demais autores (2012) afirmam que o uso de QSC possibilita a formação de pensamento crítico, ajudando alunos(as) e professores(as) a conhecerem os impactos da ciência na sociedade. Em suma, o uso de QSC no contexto educacional pode permitir a formação crítica, científica e humanística de professores(as) de Ciências, a partir da compreensão e do engajamento com problemas locais, regionais e globais, contextualizados nas relações entre CTSA, contribuindo para uma formação mais integral de pedagogos. A junção da abordagem de QSC na perspectiva CTSA pode permitir a construção de um olhar mais atento dos professores sobre o seu trabalho, sobre a ciência e a tecnologia, compreendendo a importância da problematização de temas locais para a formação cidadã e crítica dos estudantes, descontruindo posturas que dificultam o olhar crítico sobre a realidade existencial.

CONSTRUÇÃO DE PENSAMENTO CRÍTICO E REFLEXIVO NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL LATINO-AMERICANO

possibilidades para a formação de professores

Das críticas às vertentes de educação CTSA, enunciadas por Pedretti e Nazir (2010), algumas delas se referem aos diferentes valores e pontos de vista que interferem no modo como o professor irá atuar, considerando uma ou mais das seis vertentes colocadas pelas autoras. Justamente, quando inserimos essas discussões considerando o contexto latino-americano, a interferência de elementos valorativos e aspectos políticos e culturais parece ser latente.

Porém, quando inserimos essas discussões, a partir do contexto latino-americano, a interferência de elementos valorativos parece ser inevitável, pois lidamos com diferentes visões de mundo e consideramos os saberes construídos na realidade sociocultural e ambiental. As desigualdades, vivenciadas no contexto da América Latina e problematizadas no âmbito educacional pelo educador Paulo Freire, fortalecem a necessidade de discutir aspectos sociais e políticos locais e globais pelas escolas (Lopes; Nozawa; Linhares, 2014). Auler (2011) considera os pressupostos freirianos a favor da educação científica crítica e humanística, concebendo o ideal de participação como algo enraizado no continente latino-americano e no continente africano. Segundo Lopes, Nozawa e Linhares (2014, p. 83),

> Quando os alunos são levados a discutir os aspectos morais das QSC, fundem-se valores religiosos e epistemologias científicas. Assim, para a América Latina, parece que a influência é mais acentuada no fato de que muitas QSC, com potencial para serem tratadas nas escolas, fazem parte da vida dos estudantes, por isso, os aspectos morais dizem mais respeito às suas vivências. Para nós, este é um aspecto particular do tratamento das QSC na América Latina, que tem influência da investigação temática, de Paulo Freire.

Segundo Lopes, Nozawa e Linhares (2014), a América Latina vive sob uma colonização científico-tecnológica, a exemplo dos casos dos alimentos transgênicos, dos agrotóxicos e dos produtos manufaturados, como eletroportáteis. "Para a maioria desses produtos, o Brasil ainda fornece matéria-prima a custos baixos e paga um preço elevado pelas importações" (Lopes, 2013 p. 84). É preciso ter cuidado com essa transferência, pois não estamos incorporando apenas matéria-prima, mas também um sistema de valores, e isso sem a devida participação pública sobre essas decisões (Auler; Delizoicov, 2015). Nesse cenário, "[...] temos que refletir sobre os riscos que envolvem o consumo e aquisição desses produtos, uma vez que a população é informada de forma tendenciosa, pela mídia, e é pouco envolvida nas decisões científicas e tecnológicas" (Lopes, 2013, p. 84). Precisamos, portanto, entender os interesses que envolvem essas produções e aquisições em nosso contexto, pois estas não são neutras e favorecem a determinados grupos sociais que, em sua maioria, não são grupos minoritários, mas hegemônicos e, portanto, atendem a interesses que podem ser muito divergentes entre si (Auler, 2002).

Uma discussão latente, nesse contexto de produção de aparatos científicos e tecnológicos, é sobre o bom ou mau uso deles. Nesse sentido, não podemos assumir que a ciência é boa ou má, dependendo de quem a utiliza. Assim, ao analisar o problema do uso de agrotóxicos, veríamos que, em todos os aspectos relacionados ao seu uso, há impactos na sociedade e no ambiente, embora, para alguns grupos sociais, em detrimento de benefícios econômicos, seja pertinente

defender o seu uso. Se conferimos a quem se aplica a responsabilidade de ser boa ou má, podemos estar considerando apenas a tecnologia como culpada e, nesse caso, considerando a ciência neutra. Da mesma maneira, observamos a utilização dos produtos transgênicos, e nos perguntamos: a quem serve essa ciência e tecnologia? Sob a justificativa dos discursos que legitimam o seu uso, o principal argumento utilizado em sua defesa é o de que somente através dessa forma de união entre a ciência, a tecnologia e a agricultura, poderemos alimentar o mundo. Por outro lado, o que observamos é um aumento de índices de contaminação e desigualdade na distribuição de alimentos, fazendo-nos pensar que o problema não seria somente a produção, mas a distribuição igualitária dos alimentos.

Para Auler (2002, p. 23), "a apropriação do conhecimento científico-tecnológico (produto) não ocorre de forma equitativa". São o sistema político e os interesses econômicos hegemônicos que definem como ele será utilizado. Uma visão não neutra da ciência vai questionar a vulnerabilidade de determinados grupos sociais a alimentos transgênicos e com agrotóxicos; ainda que estes até então passassem fome, eles têm o direito à alimentação segura e de qualidade. Devemos, portanto, reivindicar a socialização de alimentos orgânicos para todos, por meio de modelos agrícolas mais sustentáveis, como a agroecologia. Assim, fica claro que os projetos que envolvem o uso de ciência e tecnologia não atendem a qualquer projeto de sociedade, e nem sempre compartilham de valores democráticos ou de solidariedade, por isso é necessária a análise ampla dessas produções e de seus desdobramentos. Para Dagnino (2010, p. 34), "discutir apenas a dimensão do uso da ciência e tecnologia faz com que a sua produção, que envolve condicionantes econômicas e políticas, continue sendo vista como livre de valores".

Ainda nesse sentido, Lacey (2003) traz como exemplo o caso dos transgênicos, como iniciativa que foi pensada a partir de pressupostos e interesses privados, os quais podem impactar de maneira negativa a sociedade e particularmente a agricultura. No contexto brasileiro, deparamo-nos com problemas que envolvem ciência e tecnologia, que

nos impactam de maneira diferenciada devido às condições de vida desiguais da população. Os problemas que mais assolam a sociedade brasileira englobam a ausência de saneamento básico, a implantação de usinas hidrelétricas em regiões indígenas, a gestão da água em municípios agrícolas, a poluição hídrica (Santos; Conrado; Nunes-Neto *et al.*, 2018), a gestão de resíduos sólidos, o uso de agrotóxicos (Andrade, 2016), o declínio de espécies polinizadoras, como afirmam Steffan-Dewenter, Potts e Packer (2005) e Conrado e Nunes-Neto (2018), o desmatamento, as doenças metabólicas, a insegurança alimentar, o lixo eletrônico, as epidemias de arboviroses, entre tantos outros problemas. O uso de agrotóxicos no Brasil se inclui perfeitamente como problema gerado pela ciência e tecnologia, pois, quando comprometido com interesses particulares, pode trazer efeitos socioambientais devastadores. Esse problema envolve interesses científicos, tecnológicos e econômicos em detrimento da saúde e bem-estar da população (Altieri; Nicholls, 2000; Andrade, 2016; Caporal; Azevedo, 2011).

Observamos que o uso de sementes transgênicas está dependente do uso de agrotóxicos, apoiados pela ciência e tecnologia, permitindo a implantação desse *lobby* (Londres, 2011). Por outro lado, parte da ciência tem se empenhado, através de estudos científicos para compreender os impactos dos agrotóxicos na sociedade e no ambiente, o que tem servido para chamar a atenção da comunidade científica sobre a sua responsabilidade diante dos aparatos que são produzidos por ela (Andrade, 2016; Peres, 1999). Esse tema pode ser trabalhado no formato de uma QSC. Segundo Andrade e demais autores (2016), o tema "agrotóxicos", trabalhado no contexto educacional a partir de QSC, possibilitou a aproximação do conteúdo abordado em sala de aula à realidade dos(as) estudantes, contribuindo para o reconhecimento de relações entre CTSA, e para a análise de valores morais envolvidos na temática.

A temática dos agrotóxicos é controversa e envolve opiniões a favor do seu uso tendo em vista a necessidade de produção de alimentos para atender às demandas da população atual e as possibilidades de lucro e, por outro lado, envolve opiniões que chamam a atenção sobre os riscos

de contaminação socioambiental. Por envolver diferentes interesses, há uma falta de reconhecimento, pelos diversos setores da sociedade, sobre os prejuízos que os agrotóxicos podem causar. Não sendo livre de valores, a ciência participa desse confronto de opiniões, dando espaço para as mais variadas dúvidas em relação aos efeitos do produto.

Os impactos sociais no campo, trazidos pela modernização da agricultura, levaram ao esvaziamento desse espaço; além disso, as culturas agrícolas muitas vezes não são capazes de gerar o lucro necessário para o pagamento das pessoas que trabalham e que se sustentam na agricultura local. Assim, muitas vezes, os(as) agricultores(as) são rendidos(as) por tecnologias que facilitam o seu trabalho no campo e diminuem sua despesa com o pagamento de terceiros(as). O problema do uso de agrotóxicos, então, resulta em outros desdobramentos, como o aumento do uso e viabilidade dos transgênicos, o crescimento de setores ligados ao agronegócio e problemas de saúde e socioambientais, que têm impactado o cenário ambiental brasileiro, sendo necessária a sua discussão nos currículos de Ciências Naturais (Andrade, 2016). Segundo Auler e Delizoicov (2015), para o Pensamento Latino-Americano de Educação CTS (Placts), faz-se necessária uma agenda de pesquisa capaz dar a devida atenção aos problemas sociocientíficos locais, os quais historicamente têm sua existência negada para boa parte da sociedade. A didatização desses problemas tem potencial para articular a formação integral dos alunos, a partir da problematização da realidade existencial (Andrade, 2016; Conrado, 2017; Hodson, 2018; Torres; Solbes, 2018).

No entanto, é importante ressaltar que, ainda que se tenha uma agenda de pesquisa que contemple as questões locais, é preciso observar a serviço de quem essa agenda está sendo posta em prática, bem como a preparação dos(as) professores(as) em organizar o ensino a partir dessa perspectiva, nesse último caso, a fim de evitar abordagens reducionistas.

Conforme supracitado, no Brasil e na América Latina como um todo, temos demandas e problemas que nos possibilitam discutir as relações CTSA, bem como as contradições e condições de vida da

população em geral. Freire (1996) nos ensina a enfrentar visões deterministas ou fatalistas que constantemente tentam nos convencer de que as coisas "são" e não "estão" negando a historicidade dos processos que envolvem a vida. Assim, são argumentos favoráveis a essa tendência a ideia de que "a fome é uma fatalidade do século" ou de que "é preciso agrotóxicos e transgênicos para alimentar a humanidade", ou ainda de que "o desemprego é algo inevitável". Pensando no contexto científico e tecnológico atual, visualizamos essa tendência em negar a historicidade das interações entre CTSA, a partir desse viés fatalista, determinista, quando, por exemplo, observamos argumentos como "o mosquito transgênico é a solução para o controle do mosquito transmissor da dengue", ou "o agronegócio alimenta o Brasil", ou mesmo "para solucionar o problema das arboviroses, bastam a conscientização e ação individual". Questionar tais posições nos permite superar uma consciência real efetiva dos problemas que envolvem ciência e tecnologia (Auler; Delizoicov, 2015). Nesse sentido, precisamos superar essas visões fatalistas, características de uma consciência ingênua, para que possamos superar situações-limite condicionadas pela crença nesses mitos. Nesse contexto, a formação de professores(as) de Ciências em uma perspectiva integral poderá permitir a problematização de tais situações-limite, em busca do alcance de uma consciência máxima possível, levando para dentro da escola a indignação, por meio do desvelamento das condições de opressão, através do debate de QSCs locais.

Nesse panorama, acreditamos que a formação de professores(as) faz parte de um universo de influências que condicionam a sua prática, uma vez que a escola é um organismo vivo e sociocultural e, por isso, dentro dela transbordam todas as manifestações e representações de mundo existentes naquele espaço. Os(as) professores(as) que estão entrando nos espaços formativos são um retrato do que a sociedade produz no seu contexto de exclusões, preconceitos, crenças e valores éticos e morais, já consolidados por suas experiências cotidianas (Martínez-Pérez, 2012).

Segundo Fourez (2003), existe uma crise no ensino de Ciências, dada pela formação descontextualizada, sem relação com os problemas reais vivenciadas pelos educandos, o que pode permitir que veículos de comunicação sem a devida credibilidade sejam a sua principal fonte de informação, contribuindo para a construção de visões incompatíveis com as necessidades socioambientais e científicas atuais. Para Fourez (2003), são responsáveis por essa crise alunos(as), professores(as) de Ciências, pais, dirigentes da economia e a sociedade em geral. Assim, é essencial a ressignificação do ensino de Ciências, buscando relacionar ciência, tecnologia, sociedade, ambiente e cultura. Consideramos que essa aproximação entre educação ambiental, educação intercultural e ensino de Ciências se constitui um caminho promissor para a abordagem curricular de problemas socioambientais na escola, permitindo alcançar objetivos de aprendizagem voltados para a ampliação do pensamento e o posicionamento crítico dos(as) estudantes sobre QSCs, através de uma formação ampla, que dialogue com os saberes locais e que seja simultaneamente científica, humanística, crítica e socialmente responsável.

Ao considerar a dimensão humana dos processos que envolvem o ambiente, somos levados a olhar para os(as) outros(as), para o meio e para os significados dados ao ambiente pelas diferentes culturas. Quando fazemos esse exercício afetivo de olhar para os(as) outros(as) frente a um problema socioambiental, estamos buscando entender os reflexos sistêmicos que a ciência e a tecnologia provocam na natureza e nos seres humanos, o que significa olhar com cuidado quem sofre mais com as injustiças ambientais, quem é oprimido diante de processos decisórios que envolvem o ambiente por serem vítimas de um processo histórico de exclusão dos espaços democráticos. Atualmente, vemos tentativas de decisões tecnocráticas afetarem a vida das pessoas, a exemplo da suspensão da rotulagem de produtos transgênicos, da liberação massiva de agrotóxicos na agricultura, do descaso da justiça com as pessoas afetadas pelos crimes ambientais de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais, dentre tantos outros casos. O que pensamos é que, se estivéssemos em um modelo de pensamento em que

ciência, ambiente e cultura dialogassem, outras vozes seriam ouvidas e outras dimensões seriam levadas em conta.

Um exemplo emblemático sobre a importância de questionar decisões tecnocráticas é quando pessoas afetadas por um mesmo problema conseguem se articular, ao se perceberem enquanto sujeitos implicados frente a situações opressoras; o que foi constatado, por exemplo, no caso da suspensão da rotulagem de produtos com agentes alergênicos provenientes da soja. Quando essas pessoas se mobilizaram e pressionaram a agência responsável pela referida suspensão, reestabeleceu-se a rotulagem (Anvisa [...], 2015).

O argumento das pessoas afetadas pela suspensão da rotulagem, de que seus(as) filhos(as) estavam tendo reações alérgicas mesmo havendo baixas concentrações da substância alergênica, foi desconsiderado pela ciência. Com isso, concluímos que situações de risco poderiam ser evitadas caso as opiniões e a experiência das pessoas comuns fossem valorizadas na tomada de decisão. Por outro lado, observamos que, com mobilização e consciência crítica, tornou-se possível questionar práticas tecnocráticas e cientificistas. Assim, a relação entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente e cultura deve se tornar práxis nos diferentes espaços educativos, tendo em vista as relações de poder e interesses particulares que envolvem esses elementos. Situações de ensino que coloquem os(as) estudantes frente a controvérsias sociocientíficas que envolvem a relação entre ciência, tecnologia, ambiente, sociedade e cultura podem ser uma maneira efetiva de mobilizar valores morais e éticos, importantes para o alcance da sensibilidade necessária para um olhar afetivo e intercultural. O uso de ferramentas didático-pedagógicas que abarquem o cotidiano cultural local é uma maneira de explorar a relação do indivíduo com a natureza, o seu papel enquanto agente transformador, bem como as possibilidades de convivência com a aquela.

Quando falamos em interculturalidade, ciência e educação ambiental, pensamos que as comunidades tradicionais contribuem com práticas sustentáveis de convivência com a natureza, tendo em vista a sua própria sobrevivência. Segundo Mesquita (2012), grupos

étnicos, dentro da sua civilização tradicional, já adequam suas práticas às mudanças climáticas sem nunca terem ouvido falar do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), da Organização das Nações Unidas (ONU), sendo que esses conhecimentos poderiam contribuir, na prática, para o enfrentamento de problemas ambientais, inspirando políticas públicas.

Segundo Levis e demais autores (2017), a Amazônia, longe de ser uma floresta virgem, foi profundamente alterada pelas populações humanas que viveram por lá ao longo dos últimos milhares de anos. Essa constatação é importante, pois nos leva a perceber que é possível produzir alimento em larga escala na floresta sem devastá-la. O que é interessante analisar é que o conhecimento científico agroecológico vem dialogar com saberes ancestrais. As terras pretas na Amazônia indicam uma origem antrópica, oriundas da junção do "*carvão vegetal e matéria orgânica de origem vegetal e animal*" (Benites *et al.*, 2009, p. 5). Segundo Brandão (2011), inspirando-se em Paulo Freire, o processo educativo deveria valorizar os saberes vivenciados na prática social e os saberes da cultura popular, trazendo para o debate a questão epistemológica da legitimação social do saber popular, que tem sido historicamente desvalorizado em detrimento do saber científico, pondo em prática um ensino que valorize a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade.

Enfrentamos, atualmente, problemas socioambientais que envolvem, em sua gênese e resolução, aspectos relacionados à CTSA, os quais devem ser discutidos nos ambientes escolares, uma vez que somos influenciados pelas decisões em ciência e tecnologia que impactam na sociedade e no ambiente. Tomando como exemplo um tema de interesse local e global, como o declínio de polinizadores, os(as) alunos(as) não conheceriam apenas como funciona o processo de polinização, mas seriam discutidas as questões controversas envolvendo a reprodução, a vida e a importância dos polinizadores, os fatores que levam ao seu declínio, problematizando as relações éticas, econômicas e políticas que envolvem esse problema e suas consequências para a biosfera (Conrado; Nunes-Neto, 2018).

O desafio está posto, uma vez que enfrentamos diariamente a frieza no ensino dos conteúdos científicos, e isso tem distanciado, muitas vezes, os(as) alunos(as) da escola e da ciência. Contudo, não queremos superar a frieza somente quando relacionada à compreensão de conteúdos científicos, mas com relação à própria natureza da ciência e seus desdobramentos na sociedade e no ambiente, bem como os valores que condicionam as práticas dos cientistas. Superar tal tendência é crucial para o processo de formação de pensamento crítico.

Podemos observar que a formação de licenciandos(as) comprometidos(as) com a sua realidade, com a superação de injustiças sociais e ambientais, bem como com a reflexão sobre as relações entre CTSA, merece um trabalho de ação-reflexão a partir da realidade em que vivem. Dessa forma, estamos nos comprometendo com um modelo de formação docente sustentado na racionalidade crítica, a qual concebe esse profissional como agente de mudança da realidade escolar, por meio de uma práxis crítica, politizada e consciente da historicidade do homem/mulher e sua vocação ontológica em serem dignos de direitos, conscientes do seu inacabamento, como seres condicionados em sua existência social e política (Freire, 1967).

Existem paradigmas que orientam a formação de professores(as); um deles é o da racionalidade técnica, também conhecido como epistemologia positivista da prática. Aqui, a atividade do professor, muitas vezes, está voltada para a aplicação técnica de conhecimentos teóricos, deixando de lado a análise de componentes políticos, culturais, econômicos e ideológicos, fortalecendo a visão de que o professor deve ser neutro em suas reflexões. Segundo Carnio e Carvalho (2013), a falta de articulação entre as disciplinas, o conteúdo ensinado e a prática efetiva são problemas encontrados nos cursos de formação de professores.

> A formação limita-se, assim, na maioria dos casos, à soma de conteúdos científicos e conteúdos pedagógicos gerais. Esses problemas podem vir a produzir reflexos no modo como os/as futuros/as docentes são formados/as e, consequentemente, no modo como trabalharão em sala de aula (Carnio; Carvalho, 2013, p. 3).

O trabalho com QSCs na perspectiva CTSA com base na pedagogia freiriana pode permitir a aproximação teórico-prática dos futuros docentes a partir do contato com processos de caracterização e identificação de problemas socioambientais, por meio do estudo do contexto, das relações locais, globais e científicas sobre o problema, do planejamento e aplicação de SDs voltadas para a ação social. Esse trabalho pode ser realizado a partir da busca por situações-limite relacionadas à ciência e à tecnologia na realidade local, aliando aspectos teóricos e metodológicos dessa abordagem na sala de aula.

Faz-se interessante, portanto, pensar em propostas de professores(as) que privilegiem a união entre teoria e prática, durante o curso, promovendo a formação de licenciandos(as) aptos(as) para selecionar, avaliar e implementar modelos e estratégias de ensino, podendo questionar a prescrição curricular que compromete a autonomia dos(as) estudantes. Esse é um passo importante se pretendemos superar o modelo de racionalidade técnica na formação de professores no contexto brasileiro por meio do trabalho com problemas locais e globais e de outras metodologias ativas.

A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO CRÍTICO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NATURAIS

possibilidades a partir da abordagem de QSC na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana

A pedagogia do oprimido nos ajuda a pensar em como superar a cultura de formação baseada na racionalidade técnica presente dos currículos escolares. Para Freire (1970), a inserção crítica na realidade permite o exercício da práxis, assim, o(a) licenciando(a) precisa estar em contato com a realidade da sala de aula, entendê-la, para que possa agir como sujeito pensante e transformador, da realidade e de si, superando o tecnicismo, que é definido como "[...] o predomínio da reprodução de procedimentos técnicos e experimentos científicos, em detrimento de valores, normas e atitudes presentes na ciência e na tecnologia" (Conrado; Nunes-Neto, 2018, p. 79). Nessa perspectiva, lembramos um relevante ensinamento de Freire (1970, p. 34) quando afirma que "[...] um dos elementos básicos da relação entre opressores e oprimidos é a prescrição. Toda prescrição é uma imposição da opção de uma consciência sobre outra". Por isso também que o mero reconhecimento de uma realidade, sem problematizá-la em sua radicalidade, não conduz a nenhuma transformação da realidade objetiva, porque não é reconhecimento verdadeiro.

Ao pensar na formação de professores(as), refletimos sobre a construção de uma identidade docente sob uma práxis crítica e reflexiva.

Essa prática permitiria ao professor(a) refletir sobre a sua conduta em sala de aula e, além disso, entender o seu papel político frente ao contexto social, cultural e político em que vive, uma vez que, para superar a prescrição curricular, o(a) professor(a) precisa compreender qual é a dinâmica ideológica e política que rodeia o espaço escolar e o seu trabalho. Dessa forma, defendemos que o(a) professor(a) deve ser um profissional crítico e reflexivo, no sentido de repensar cotidianamente a sua prática, bem como os fatores que a condicionam. Influenciados pela pedagogia do oprimido, é pertinente lembrar que esse conceito se traduz como uma prática de ensino humanista e libertadora em que os oprimidos vão desvelando as condições de opressão e vão se empenhando para modificá-la. A partir desse momento, Paulo Freire (1970, p. 23) entende que essa pedagogia deixa de ser do oprimido e "passa a ser a pedagogia dos homens no processo de permanente libertação".

Essa libertação acontece mediatizada pelo mundo, dependendo da construção de olhares mais profundos e comprometidos com outros espaços da sua realidade. Envolver os(as) professores(as) em atitudes práticas no seu ambiente de atuação é uma maneira de superar a racionalidade técnica que predomina, muitas vezes, em sala de aula. Assim, é pertinente a construção de espaços formativos em que os professores aprendam a lançar o olhar crítico para a realidade e entendam que dela deve partir as problematizações para dar sentido ao seu ensino.

Rever a nossa prática pode nos levar à descoberta de falhas, lacunas, mas também traz a possibilidade de melhoria, evitando a acomodação e a repetição de erros. Para isso, precisamos lutar contra os ideais capitalistas que rondam a educação brasileira, que prezam por produtividade e pelo domínio de conhecimentos técnicos e científicos em detrimento de uma formação moral e ética, mais que necessária em nosso contexto sociopolítico.

> Para os opressores, a humanização é algo que possuem como direito exclusivo, como atributo herdado. A humanização é apenas sua. A dos outros, dos contrários, se apresenta como

> subversão. Humanizar é, naturalmente, segundo seu ponto de vista, subverter (Freire, 1970, p. 25).

Para Freire (1970), humanizar-se perpassa a formação de uma consciência máxima possível, em que os indivíduos possam sonhar em *ser mais* do que já são, como seres inacabados e históricos.

> A realidade social, objetiva, que não existe por acaso, mas como produto da ação dos homens, também não se transforma por acaso. Se os homens são os produtores desta realidade e se está, na 'invasão da práxis' se volta sobre eles e os condiciona, transformar a realidade opressora é tarefa histórica, é tarefa dos homens (Freire, 1970, p. 39).

A criticidade, para Freire (1986), envolve a apropriação crescente pelos homens e mulheres de sua posição no contexto, entendendo como vivem, de que maneira suas condições de vida são diferentes das condições de quem vive em bairros nobres da cidade, qual o seu papel na realidade, e como essa realidade molda a sua visão de mundo e condiciona a sua vida. A criticidade permite a construção de práticas de ensino também críticas, dentro do seu contexto histórico e cultural.

Definimos o pensamento crítico na perspectiva freiriana como sendo o posicionamento em que o indivíduo é capaz de optar, decidir e agir sobre questões do seu contexto, praticando o exercício da *práxis*; capaz de pesquisar a realidade existencial, indignar-se com ela, atuando como investigadores críticos; capaz de duvidar de verdades absolutas e imutáveis produzidas pelo meio científico e tecnológico, pondo a realidade sempre em análise; capaz de considerar-se como indivíduo histórico, inacabado; assumir-se como agente fazedor de cultura; ser empático com o problema do outro; capaz de saber dialogar; capaz de ter amor com o próximo e aos(às) educandos(as), aliando seriedade docente, afetividade e ética; e capaz de ser humilde para que possa respeitar a curiosidade dos(as) educandos(as) (Freire, 1970, 1995, 1996).

Pensando nos desdobramentos do pensamento crítico baseado em Paulo Freire na educação CTSA, acreditamos que, além dos aspectos citados anteriormente, as ideias do educador contribuem no sentido de reconhecer diferentes formas de explicar e interpretar o mundo, considerando os conhecimentos do senso comum e científicos para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica e de práticas que priorizem o bem-estar socioambiental, à medida que ele nos ensina a pensar de maneira holística sobre a vida. Nesse sentido, Freire (1996) defende uma perspectiva crítica de educação ambiental, uma vez que, para o autor, precisamos assumir o dever de buscar a formação de princípios éticos de respeito à vida dos seres humanos, dos animais e florestas. Para o autor, para que haja amorosidade entre os seres humanos, precisamos aprender a amar o mundo. Freire (1996, p. 31) salienta ainda que "[...] a ecologia ganha uma importância fundamental neste fim de século. Ela tem de estar presente em qualquer prática educativa de caráter radical, crítico e libertador".

A perspectiva freiriana nos oferece subsídios para pensar um ensino de Ciências reflexivo, já que, para o autor, precisamos questionar o pedestal epistemológico em que as Ciências Naturais muitas vezes se encontram em relação às outras ciências, bem como em relação a outras formas de conhecer (Freire, 1996). Sendo assim, precisamos legitimar, nos debates e enfrentamentos envolvendo QSC, outras formas de explicar o mundo, outras epistemologias, para que o cientificismo velado não seja reforçado pela própria ciência (Baptista, 2015; Cobern; Loving, 2001).

Reconhecer outras epistemologias significa permitir o diálogo entre os saberes, tradições, do senso comum e da ciência, os conhecimentos técnicos de diferentes culturas, no sentido de ampliação, demarcação e não de anulação de conhecimentos produzidos no seio das comunidades tradicionais. Essa ampliação poderá permitir o desenvolvimento da curiosidade epistemológica, que não é ingênua e que se aproxima cada vez mais do objeto cognoscível para conhecê-lo de maneira integral, conforme nos orienta Freire (1996).

Partimos do pressuposto de que, para tornar-se crítico e reflexivo, o indivíduo precisa entender de que maneira a ciência é produzida e por quem, desconstruindo mitos com relação à imagem dos(as) cientistas, que os(as) coloca em posição de inferioridade no alcance desse lugar na sociedade. Para que um indivíduo considere a possibilidade de ser um(a) cientista, é necessária a construção de atos de reflexão profunda sobre o seu papel na sociedade, como indivíduo produtor de cultura, gerando possibilidades de libertação, ao recusar discursos fatalistas sobre o seu lugar no mundo, que negam a humanidade, a partir da convicção de que a mudança é possível, ao considerar a historicidade da vida e da realidade (Freire, 1996).

Entender que a ciência e a tecnologia estão na realidade, influenciam nela e podem explicar os fenômenos que rodeiam a nossa vida, para nós, também é um sinal de pensamento crítico, pois é comum a visão de que a ciência somente é realizada no laboratório, pautada na observação e na experimentação científica, que cria uma imagem "ingênua" da ciência e do(a) cientista, reforçando imagens elitistas/deformadas – homem, branco, gênio, solitário, intelectual –, que em nada contribuem para a aproximação dos(as) estudantes com a ciência escolar e a acadêmica (Gil-Pérez *et al.*, 2001), e em nada contribuem para a construção de posturas questionadoras frente aos modelos de ciência e tecnologia autoritários. Precisamos, portanto, pensar na formação de indivíduos que tanto denunciem injustiças quanto anunciem perspectivas de mudança.

É pertinente a ressalva de Freire (1987, p. 105), quando afirma que consciência máxima possível "é a representação das coisas e dos fatos como se dão na existência empírica. Nas suas correlações causais e circunstanciais". Ele também diz que "a consciência real efetiva (pelo contrário) se crê superior aos fatos, dominando-os de fora e, por isso, se julga livre para entendê-los conforme melhor lhe agradar" (Freire, 1987, p. 105). Nesse sentido, percebemos que a consciência crítica não se constrói sem o olhar atento e consciente sobre os problemas da sociedade. Assim, podemos viver perto de lixões, presenciar práticas de desmatamento ou uso de agrotóxicos; no entanto, se não formos

instigados a olhar esses problemas, investigando seus impactos na nossa vida, continuaremos ocupando o lugar de corpos inconscientes, sem realizar análises e correlacionar o problema às nossas condições de vida, o que resulta em práticas que não problematizam, por exemplo, o desmatamento como principal causa da falta de água, dentre outros desdobramentos. Do mesmo modo, o uso de agrotóxicos não causaria doenças, nem empobreceria o solo, ou matariam as abelhas. É preciso o olhar intencional para poder entender essas relações. Nesse sentido, as QSCs quando trabalhadas na perspectiva CTSA, podem permitir o alcance da consciência máxima possível, por meio da abordagem integral dos problemas existentes na sociedade, compreendendo-a na realidade e em sua totalidade e problematizando as contradições gestadas nesse espaço. O uso de QSC, portanto, pode permitir a superação da consciência real efetiva, à medida que busca compreender os fatos, não de acordo com os interesses próprios de determinado grupo social, mas a partir de uma ótica democrática, em que se considera aspectos sociais, ambientais, políticos, econômicos e ideológicos, na tentativa de alcançar o desenvolvimento de posicionamentos éticos capazes de promover justiça socioambiental.

Merchán (2014) afirma que o pensamento crítico permite às pessoas construírem a sua própria forma de pensar, num sentido amplo, sendo aptos para decidir o seu posicionamento diante de situações sociais que vivenciam e ter um papel ativo nas decisões que envolvem componentes científicas e tecnológicas. Jiménez-Aleixandre (2010, p. 54) argumenta que o pensamento crítico está relacionado com "a capacidade de desenvolver uma opinião independente, adquirindo a faculdade de refletir sobre a sociedade e participar dela". Para Saiz e Rivas (2008, p. 23), "pensamento crítico é um processo de busca de conhecimento, através de habilidades de raciocínio, resolução de problemas e tomada de decisão". Segundo Torres e Solbes (2018), uma pessoa que desenvolve pensamento crítico a partir de QSC é capaz de compreender a ciência como construção social, envolvida por valores, suas relações com a tecnologia e suas consequências sociais e ambientais.

Acreditamos que apresentar a ciência como realizada por cientistas que têm uma imagem elitizada, normalmente branca e sexista, afasta pessoas comuns, e inclusive mulheres, desse tipo de atividade. Entender que a atividade científica é passível de erros, feita por pessoas comuns, e que ela sofre influências do meio, torna-se imprescindível quando pensamos em um ensino de Ciências crítico e reflexivo (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Torres; Solbes, 2018). Ainda nessa perspectiva, entender essas relações envolve pensar em contribuições positivas e negativas das ciências e seus desdobramentos na sociedade e no ambiente; estar informado sobre o tema, não se limitando a discursos dominantes; identificar falácias existentes em argumentos sem o embasamento necessário; avaliar a credibilidade das fontes, tendo em vista interesses particulares; adotar postura questionadora em torno dos debates envolvendo CTSA; e ter clareza que a ciência não se orienta pela busca de verdade, apenas, perguntando-nos sempre quem financia a ciência, por que o fazem e com quais interesses o fazem.

Acreditamos que saber selecionar fontes de informação confiáveis é tarefa essencial quando pensamos em identificar falsos argumentos ou falácias (Conrado; Conrado, 2016; Torres; Solbes, 2018). Quando trabalhamos com QSC, precisamos selecionar dados que sejam baseados em princípios científicos e não cientificistas e que, de fato, ajudem a solucionar/entender o problema sociocientífico, uma vez que a produção e a divulgação de dados envolvem interesses particulares e relações de poder que precisam ser desveladas, para que se adote uma postura de dúvida/questionamento diante das relações entre o social e o científico, permeado por relações entre CTSA (Andrade, 2016; Santos, 2009). Também é importante compreender a QSC de maneira ampla, integral, estabelecendo relações do problema estudado com dimensões éticas, políticas, sociais, ambientais, morais, culturais, filosóficas, aproximando-se de maneira rigorosa e sensível do objeto cognoscível.

Partimos da compreensão de que o ato de pesquisar é tarefa essencial para o(a) professor(a), conforme nos alerta Freire (1996), o qual defende que, para que se consiga chegar à criticidade, devemos ser curiosos(as) e rigorosos(as) no processo de descoberta do objeto que

pretendemos conhecer. Nessa perspectiva, compreender uma QSC de maneira integral exige uma aproximação intensa com os mais variados aspectos que envolvem o problema vivenciado na realidade, que abarca aspectos CTSA, para que se possa construir uma visão complexa, crítica, capaz de orientar tomadas de decisões rigorosamente éticas, informadas e responsáveis, bem como de realizar juízos éticos a partir da QSC, entendendo a contribuição desses para o cumprimento das necessidades humanas.

Partindo do princípio de empatia, apresentado na literatura freiriana, pensamos que realizar juízos éticos a partir de QSC envolve tanto uma visão complexa e integral do problema, para que os indivíduos entendam as mais variadas nuances que ali estão envolvidas, quanto nos colocarmos no lugar das pessoas que sofrem por certa situação, no sentido de não apenas resolver o problema de maneira analítica, mas de nos aproximar dos impactos sofridos pelos indivíduos que estão próximos e que vivenciam experiências desumanizantes, contribuindo para o fortalecimento de valores de bem-estar social local e global.

Para que os indivíduos tomem decisões fundamentadas, é preciso, acima de tudo, entenderem a dinâmica social e política em que vivem, não de maneira ingênua, mas questionadora, ética e utópica, para que possam se indignar diante dos fatos e acreditar que a mudança é possível, entendendo o futuro como possibilidade, e não como determinação, como algo inexorável e intransponível. Envolve também intervir, problematizando o hoje, as condições de vida, a negação à dignidade humana sofrida, não se adaptando a discursos deterministas, fatalistas, à fome, ao medo, ao desconforto ou à falta de saneamento experimentados (Freire, 1996).

Solbes e Torres (2013), em pesquisa realizada com professores(as) de Ciências Naturais com relação às principais dificuldades que eles(as) encontram para o desenvolvimento do pensamento crítico em sala de aula, comentam que foram mencionados motivos como: estrutura organizacional da escola, excesso de trabalho para o(a) professor(a), dificuldade no uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), as condições sociais em que os(as) estudantes vivem, bem como

a indisposição dos(as) alunos(as) para o desenvolvimento de atividades desse tipo, as quais exigem compromisso e empenho. Os autores citam ainda a falta de preparo dos(as) professores(as) para o trabalho com a formação do pensamento crítico, assim como o ensino de ciência disciplinar, sem uma preocupação com aspectos sociais, políticos e culturais relacionados à atividade científica. Solbes e Torres (2013) ressaltam que estudar problemas sociocientíficos pode permitir o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes de maneira integral, visto que envolvem os aspectos científico, técnico, ético, cultural, social, econômico e ambiental de uma dada problemática, a seleção de informações e a exigência de um posicionamento frente ao problema estudado.

Solbes e Torres (2013) destacam ainda que a abordagem de problemas sociocientíficos permite a avaliação da credibilidade das fontes de informação, da origem e dos interesses que subjazem a essas informações, determinando a validade dos argumentos, rejeitando conclusões não baseadas em testes e informações de fontes não seguras. Possibilita, também, realizar julgamentos éticos sobre a QSC, permitindo ao(à) estudante chegar a conclusões que levem à tomada de decisões informadas, bem como promover ações de melhoria da qualidade de vida pessoal e social. Observamos que o trabalho com QSC tem grande potencial para o alcance de muitas habilidades relacionadas à construção do pensamento crítico, que é essencial para a construção de sociedades mais justas e igualitárias (Freire, 1996).

Segundo Tenreiro-Vieira (2004), vários benefícios podem nos convencer sobre a importância do ensino e a formação do pensamento crítico, a saber: a construção da autonomia dos(as) alunos(as), a capacidade de argumentação e de avaliação de outros argumentos, a pesquisa, a atitude inquietadora, o que pode colaborar para a formação de uma sociedade mais justa e democrática. Para Freire (1996, p. 15), "[...] uma maneira de alcançar uma prática educativa progressista é através do desenvolvimento da curiosidade crítica indócil, insatisfeita, com a qual poderemos nos defender dos 'irracionalismos' presentes na sociedade capitalista tecnologizada".

A contribuição do pensamento crítico para a formação de professores de Ciências é essencial na medida em que vivemos num mundo em que, cada vez mais, os(as) cidadãos(ãs) são chamados(as) a intervir e a tomar posição sobre questões públicas que envolvem aspectos socioambientais carregados por aspectos políticos e ideológicos que estão presentes em nossa realidade. Devemos pensar que todos(as) os(as) estudantes de Ciências serão elementos integrantes de uma sociedade e, enquanto cidadãos(ãs), tornam-se responsáveis pelos riscos e benefícios do conhecimento, dos produtos e dos sistemas científicos e tecnológicos e, por isso, devem estar preparados(as) para emitir opiniões e agir frente a QSC (Tenreiro-Vieira, 2005). Devemos construir uma visão complexa sobre a ciência, considerando o trabalho científico como uma construção social e cultural, que evolui de maneira permanente, suscetível a valores, interesses e conflitos que permeiam as comunidades científicas, influenciadas pelos contextos sociais (Martínez-Pérez; Lozano, 2013).

Para Torres e Solbes (2018), pensamento crítico é um conjunto de competências que servem para organizar uma maneira de pensar que permita avaliar a validade dos argumentos, tomar posições frente a problemas da realidade e intervir com responsabilidade. A consciência crítica somente é alcançada quando um indivíduo busca compreender em profundidade os problemas, reconhece que a realidade é mutável, verifica e testa as descobertas, indaga, investiga e dialoga. Essa consciência implica em uma denúncia de toda estrutura opressora e desumanizante. Uma pesquisa realizada por nós, sobre a abordagem de uma QSC sobre agrotóxicos na perspectiva CTSA, possibilitou a mobilização das dimensões CPA e a organização de ações sociopolíticas diretas e indiretas (Andrade, 2016). A discussão do tema, por meio dessa abordagem metodológica, permitiu a formação de indivíduos com posicionamento crítico e responsabilidade social coletiva.

No Quadro 1, buscamos sintetizar as contribuições da abordagem de QSC na perspectiva CTSA e da pedagogia freiriana para a formação do pensamento crítico.

Quadro 1 – Contribuições do uso de QSC na perspectiva CTSA e da pedagogia freiriana para a formação do pensamento crítico

ASPECTOS	QSC NA PERSPECTIVA CSTA/CTSA	PEDAGOGIA FREIRIANA
Visão de ciência e do cientista/ **Papel dos homens e mulheres na sociedade**	**Contexto da ciência** refletir e superar mitos relacionados à ciência ao trabalho científico, como salvacionismo científico e tecnológico, cientificismo e tecnicismo, relações de poder e interesses particulares envolvendo a ciência; desconstrução de visões deformadas do trabalho científico e do cientista. **Contexto escolar** superar situações-limite geradas pelos mitos em torno da ciência e tecnologia historicamente enraizados na sociedade.	**Contexto da ciência** visualizar o homem como ser histórico, inconcluso, cultural, condicionado, construtor e modificador do espaço; preconizar a formação humanista, a vocação ontológica dos homens e mulheres em *ser mais*. O foco do trabalho está nos homens e mulheres. **Contexto escolar** tem como ponto de partida a realidade, legitimando saberes locais e desvelando contradições humanas.
Diálogo na construção do conhecimento	**Contexto da ciência** promover o exercício da dialética – análise das contradições geradas pela produção da ciência e tecnologia, interesses particulares, desigualdade no acesso às produções C e T. **Contexto escolar** aproximar os homens e mulheres comuns da ciência, do trabalho científico, e do(a) cientista, considerando diferentes linguagens.	**Contexto da ciência** promover o exercício da dialética – análise das contradições e desigualdades vivenciadas na realidade. **Contexto escolar** dialogar e problematizar as situações de desigualdade e opressão vivenciadas pelos estudantes pontos de partida para estruturar todo o processo didático-pedagógico e a aprendizagem de conceitos.

ASPECTOS	QSC NA PERSPECTIVA CSTA/CTSA	PEDAGOGIA FREIRIANA
Processo de ensino e aprendizagem	**Contexto da ciência** desenvolvimento de capacidades de argumentação, domínio da linguagem científica, posicionamento ético e moral. **Contexto escolar** analisar os problemas locais globais; proporcionar envolvimento e posicionamento crítico do estudante.	**Contexto da ciência** desenvolvimento humano, visando a formação política e científica dos alunos. **Contexto escolar** incentivar/mediar os processos de ensino e aprendizagem significativos e transformadores por meio da dialética. Professor empático com os problemas vivenciados pelos educandos.
ASPECTOS EM COMUM CTSA/QSC E PEDAGOGIA FREIRIANA NA PRÁTICA ESCOLAR		
Relação teoria e prática **Forma de luta contra o sistema** **Desenvolvimento da autonomia** **Papel do professor**	**Intervir na prática** Problematizar a influência do sistema capitalista e do neoliberalismo na vida humana, ciência e tecnologia; Construir autonomia frente ao currículo escolar; Formação de pensamento crítico e reflexivo sobre os problemas da realidade ou às relações CTSA; Interdisciplinaridade – compreender de maneira ampla os temas estudados, através do diálogo entre diferentes áreas de conhecimento/do saber; Concepção e execução de uma nova lógica curricular; Professor (a) catalisador (a) do processo educativo, deixando de ter uma postura de autoridade com relação ao conhecimento a ser aprendido.	

Fonte: elaborado pela autora (2020).

De acordo com Merchán (2014), Tenreiro-Vieira e Vieira (2013), Torres e Solbes (2018) e Freire (1996), o pensamento crítico capacita os

indivíduos a tomar decisões frente a situações sociais que vivenciam, e ter um papel ativo nas decisões culturais e científicas da sua realidade, dentre outras habilidades.

Nesse contexto, entendemos que o movimento CTSA, com seus ideais que pretendem promover no indivíduo a compreensão contextualizada das relações entre CTSA, desvelando as relações de poder e interesses particulares, contribui para a promoção de um pensamento crítico e reflexivo. Ainda, a compreensão da ciência como cultura, reconhecendo outras maneiras de compreender o mundo, é um elemento potencial, também para que consigamos romper com uma visão acrítica sobre a ciência. Além disso, reconhecer a não neutralidade da ciência e da tecnologia e a não linearidade entre progresso científico e tecnológico e bem-estar social é um pressuposto essencial para rompermos com a consciência real efetiva que existe acerca do que é produzido pela ciência e os impactos negativos que essas produções causam na sociedade, sem esquecer os seus benefícios. Assim, o uso de QSC na perspectiva CTSA permite questionar o salvacionismo científico e tecnológico, uma vez que somos tentados a acreditar que ciência e tecnologia são essenciais e suficientes para a resolução de problemas da humanidade, ao invés de entendê-las como uma possibilidade, em meio a outras maneiras, de intervir na realidade. Com isso, muitas vezes não damos a merecida atenção a outros setores da sociedade que podem contribuir com a resolução de determinados problemas, não legitimamos outros sistemas de conhecimento que potencialmente podem ajudar na superação de problemáticas locais e globais. Para nós, importa se e somente se um produto é ou não cientificamente testado; damos sempre preferência a estes, tais produtos são vendidos sob a lógica da eficácia tecnológica. Para Bazzo (2016, p. 74) "é preciso 'desmascarar' a C e T e retirá-las do pedestal inabalável de caminho para a felicidade".

Sendo assim, precisamos refletir sobre a responsabilidade do(a) cientista que realizou determinado teste, ou se ele(a) é ou não influenciado(a) por valores éticos e morais particulares, não condizentes com o bem-estar público. Nesse panorama, segundo Auler (2002,

p. 106), o mito do salvacionismo cai por terra a partir de uma análise mais complexa:

> É difícil defender a ideia de que o desenvolvimento científico-tecnológico caminha na perspectiva da satisfação de necessidades humanas, quando, segundo estimativas do Instituto Internacional de Pesquisa pela Paz de Estocolmo (Sipri), na década de 1970, de 400 a 500 mil cientistas e engenheiros trabalhavam em pesquisa e desenvolvimento da indústria militar.

Nesse sentido, faz-se necessário pensar, inclusive, na ética envolvida no trabalho científico quando pensamos nas escolhas e intenções feitas pelos cientistas. Assim, a poluição industrial poderia ser amenizada com o uso de dispositivos técnicos e científicos adequados, mas isso não está acontecendo (Auler, 2002). O rompimento de barragens no Brasil pode ser dado como exemplo também, pois existiam outras técnicas de construção de barragens, mas optou-se pela mais barata, e não pela mais segura. Deixou-se por conta da natureza e das pessoas do entorno a responsabilidade e as consequências por possíveis contaminações. Assim, observamos que falta de ética e transparência política vem resultando em sérias consequências para as pessoas e para o meio ambiente.

Por exemplo, a Revolução Verde pode ter proporcionado aumento da produção de alimentos, mas causou também êxodo rural, aumento dos processos de favelização, desapropriação do trabalhador rural da sua força de trabalho – substituído agora pelas máquinas –, problemas de saúde etc. Assim, ciência e tecnologia potencializaram processos de desigualdade social. A revolução eletrônica, conforme aponta Auler (2002), também pode aumentar os indicadores de desigualdade, uma vez que tem sido notado o aumento do desemprego, que tende a se intensificar nos próximos séculos, com a ascensão da inteligência artificial. Segundo Schwab (2016), estamos diante da quarta Revolução Industrial, caracterizada pela fusão entre domínios físicos, digitais e biológicos, que precisa ser analisada de maneira complexa, tendo em

vista o bem-estar da humanidade, chamando a atenção aos perigos da automação para a disponibilidade de empregos, citando desigualdade e questões éticas como um desafio para esse contexto. Nesse sentido, nos preocupa que essas mudanças sejam analisadas sob uma visão tecnocrática, sem considerar as limitações éticas dessas inovações; a história não nos apresenta indícios de que esses marcos sejam, de fato, levados em conta. É importante questionar e problematizar; de que lado estaremos?

Percebemos que podemos recorrer a uma série de tecnologias para controlar o superaquecimento do planeta, mas pouco discutimos sobre como as comunidades tradicionais, os povos indígenas, estão enfrentando esse problema, e a efetividade dessas ações para aqueles que não podem pagar pela tecnologia. Colocando ciência e tecnologia como únicos caminhos, estamos legitimando ainda mais a superioridade da ciência com relação a outros saberes; em outras palavras, reforçamos o cientificismo. Assim, "[...] importa realizar a demarcação de saberes no ensino de Ciências, em busca de um pluralismo epistemológico, a partir de práticas de ensino sensíveis à diversidade cultural, em um diálogo entre a cultura científica e a cultura dos estudantes" (Baptista, 2015, p. 62).

Por essa natureza controversa e interdisciplinar, já podemos iniciar a construção de um pensamento crítico, uma vez que a compreensão de uma QSC exigirá dos(as) estudantes um estudo aprofundado de cada aspecto que a compõe, bem como sobre as controvérsias que a envolvem, articulando-a com a realidade local e global. É possível, dessa forma, construir uma visão integral sobre o problema, levando em conta e discutindo outras razões que não somente aquelas pautadas na ciência, o que permite combater práticas cientificistas, deterministas e tecnicistas e, portanto, contribuir na construção de uma visão crítica sobre a própria ciência e seus desdobramentos na sociedade, conforme salientam Torres e Solbes (2018) e Merchán (2014).

O trabalho a partir de QSC na perspectiva CTSA – vertente da justiça socioambiental – se compromete na luta explícita contra o neoliberalismo, política pautada em interesses socioeconômicos que determi-

nam as agendas de pesquisa. Essa política pouco tem dialogado na tentativa de solucionar ou amenizar os impactos trazidos pelo desenvolvimento econômico e tecnológico na sociedade e no ambiente; pelo contrário, "o neoliberalismo possui estratégias de exportação de riquezas naturais, colaborando para a manutenção dos latifúndios, que emprega cada vez menos pessoas devido à mecanização do campo e prejudica diretamente o pequeno produtor rural" (Caporal; Costabeber, 2004, p. 42). Entretanto, para Lander (2005), o capitalismo global é o grande responsável pela exploração massiva do planeta.

> Vale ressaltar que a produção de alimentos pautada no modelo de agricultura do agronegócio é hoje um dos pilares da economia brasileira. O agronegócio tem impulsionado o uso de agrotóxicos no Brasil, tornando nosso país um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo. Tal fato tem aumentado os índices de doenças, o êxodo rural, o desemprego, a concentração de renda, a exploração de mão- de-obra no campo e a desvalorização do trabalhador do campo (Caporal; Azevedo, 2011, p. 14).

Observamos, portanto, que o trabalho com as QSCs na perspectiva CTSA utilizando o tema agrotóxicos, declínio de polinizadores, proliferação de arboviroses, dentre outros, permitiram alcançar pensamento crítico dos estudantes, revelando relações de poder e de dominação, ampliando visões de mundo, auxiliando no desenvolvimento de posicionamentos frente a problemas socioambientais de forma responsável, tornando o conteúdo de Ciências mais significativo e relevante e, ao mesmo tempo, problematizando a influência dessa política neoliberal na sociedade e no ambiente (Andrade, 2016; Conrado, 2017; Martins *et al*., 2018). Para Freire (1996), ensinar exige compreender que a educação é uma intervenção no mundo, assim, cabe ao(à) educador(a) progressista o esforço em problematizar a realidade e suas contradições. Dessa forma, Freire (1996, p. 100) explica que

> Seria demasiado ingênuo, até angelical de nossa parte, esperar que a 'bancada ruralista' aceitasse quieta e concordante a discussão, nas escolas rurais e mesmo urbanas do país, da reforma agrária como projeto econômico, político e ético da maior importância para o próprio desenvolvimento nacional. Isso é tarefa para educadores e educadoras progressistas cumprir, dentro e fora das escolas.

Fruto também dessa política neoliberal são os discursos sobre desenvolvimento sustentável. Para Boff (2003), as palavras "desenvolvimento" e "sustentabilidade" apresentam lógicas destoantes. São termos contraditórios, que não dizem a mesma coisa.

> A expressão desenvolvimento sustentável, então, representa uma armadilha do sistema capitalista: assume os termos da ecologia – sustentabilidade – para esvaziá-los; assume o ideal da economia, o crescimento, mascarando a pobreza que ele mesmo produz (Boff, 2003, p. 2).

O crescimento econômico é o maior componente do desenvolvimento, mas, na verdade, ele deveria considerar também as dimensões cultural, social e ecológica (Andrade, 2016). O trabalho com QSC na perspectiva CTSA permite questionar o posicionamento neoliberal que atribui ao indivíduo toda a culpa pela degradação da natureza e que, portanto, deve ser "educado" para respeitar o meio ambiente. Assim, a responsabilidade é atribuída ao indivíduo e não ao modo de produção, mesmo sabendo que a atual maneira de utilização da ciência e da tecnologia vem impactando de maneira insustentável o meio ambiente (Cavalcante, 2016).

As controvérsias que existem em uma QSC permitem ao(à) aluno(a) visualizar aspectos éticos, morais, ideológicos, políticos e econômicos do tema, contribuindo para a formação do pensamento crítico dos(as) estudantes, o que é necessário ao atual momento em que vivemos, rodeados por crises ambientais e posturas que negam o valor da ciência. Além disso, permitem a desconstrução da visão

de ciência neutra, o que auxilia na compreensão da natureza social e histórica da ciência, ajudando a questionar mitos que desvalorizem a produção do conhecimento, olhando a ciência, entretanto, como uma produção humana e, portanto, envolta por valores.

O pensamento freiriano traz contribuições para a formação do pensamento crítico no sentido de considerar o ser humano como ser histórico que, por seu inacabamento, constrói-se e reconstrói-se no tempo e no espaço em relação com outros homens e mulheres e com a sua realidade. Reconhecer seu inacabamento é entender que o ser humano pode ser sujeito e não massa; é conhecer a vocação ontológica do ser humano em se humanizar. A consciência máxima possível das situações de opressão é o que permitirá aos homens e mulheres reconhecer-se em sua realidade, agindo diante das condições que os fazem oprimidos(as), fazendo-se como indivíduos de denúncia e anúncio de mudanças (Freire, 1970). Dessa forma, quando um indivíduo não se entende como ser histórico, tornando-se acomodado e adaptado à estrutura dominante, não se reconhece como capaz de mudar a sua realidade. A dialogicidade defendida por Freire é elemento-chave para a formação crítica e reflexiva dos indivíduos. Assim, ao se sentir participante em uma realidade e ao ter voz a partir da compreensão das contradições existentes em sua volta, o indivíduo passa a se sentir também parte do processo de construção e, consequentemente, de transformação de uma determinada realidade.

Portanto, a dialogicidade também deve ser construída na relação dos homens e das mulheres com o mundo e estes devem perceber o seu papel histórico dentro do espaço em que vivem, dentro da sua cultura, para que se percebam como agentes transformadores e construtores da realidade. O professor que permite o diálogo com os(as) estudantes os(as) aproxima da possibilidade de alcançar o conhecimento e de duvidar do que lhes é posto. Uma vez que os conhecimentos dos(as) estudantes, das minorias, também serão considerados em sala de aula, uma outra visão de mundo será apresentada, colocando em cheque a noção de que existe um único conhecimento válido e verdadeiro, bem como uma única maneira de conhecer e de explicar

o meio em que se vive, dando lugar à construção de uma prática de ensino de fato plural.

> A dialogicidade começa não quando o educador-educando se encontra com os educandos-educadores em uma situação pedagógica, mas antes, quando aquele se pergunta em torno do que vai dialogar com estes. Esta inquietação em torno do conteúdo do diálogo é a inquietação em torno do conteúdo programático da educação (Freire, 1970, p. 98).

Ao fazermos o exercício do diálogo, aproximamos-nos da dialética, uma vez que os(as) educandos(as) podem analisar as contradições vivenciadas em seu espaço. Fazer os(as) estudantes e a comunidade perceberem as contradições e desigualdades vivenciadas é fator essencial para que os indivíduos alcancem uma consciência máxima possível. Entender em que bairro são mais frequentes os casos de arboviroses, de exposição de lixo, de falta de água, ou de acidentes com escorpiões, é entender que existem classes que sofrem mais com os problemas presentes na sociedade do que outros, bem como a complexidade que envolve a sua causa e solução. É olhar o cotidiano de maneira intencional, pois, para Freire (1994), não existe criticidade na cotidianidade, sem o olhar orientado por uma curiosidade epistemológica. A pedagogia freiriana ajuda a inserir outras visões de mundo nas salas de aulas de Ciências Naturais, uma vez que, na sua essência, reconhece diferentes áreas do conhecimento para compreender determinado problema. Dessa forma, retiraremos determinadas ciências como únicas formas de explicação sobre a natureza e sobre o mundo, reconhecendo inclusive os saberes tradicionais. Assim, damos lugar à complexidade que o ensino merece, e quando trabalhamos com problemas socioambientais, essa complexidade é mestra, uma vez que, sem o olhar aprofundado para as questões da atualidade não avançamos enquanto indivíduos questionadores e transformadores. É através do exercício de reflexão-ação-reflexão que se pode alcançar a dialética tão necessária à transformação da sociedade, por meio do movimento que permite a transformação do meio. De acordo com o

materialismo dialético, "[...] a dialética não é apenas um método para se chegar à verdade, é uma concepção do homem, da sociedade e da relação homem-mundo" (Gadotti, 1995, p. 19).

A contextualização do ensino de Ciências a partir de problemas locais é ferramenta essencial para a construção da cidadania e a participação dos(as) estudantes na resolução de problemas da sua comunidade. À medida que os(as) estudantes olham para o seu contexto e identificam potenciais temas para abordar no ensino de Ciências, tornam-se capazes de entendê-los e, a partir da compreensão integral e crítica da situação vivenciada, intervir na realidade. Abordar temas da realidade local permite também um maior envolvimento dos(as) estudantes na pesquisa, auxiliando no aprofundamento e na melhor compreensão da situação.

Freire convoca os indivíduos a fazerem uma leitura do mundo, para, então, procederem à leitura da palavra. Desse modo, refletimos juntamente com Freire (1996, p. 113) quando ele nos diz que "[...] se, na verdade, o sonho que nos anima é solidário e democrático, não é falando aos outros, de cima para baixo, sobretudo, como se fôssemos portadores da verdade a ser transmitida aos demais, que aprendemos a escutar, mas é escutando que aprendemos a falar com eles". A escuta se torna a melhor maneira de entender as pessoas. Assim, se não escutamos, nos proibimos de entendê-los. Através do exercício crítico de olhar e problematizar o contexto, "observamos o quanto é importante nos afastarmos da 'espontaneidade', que é condição da realidade alienada, para objetivá-la à luz da análise crítica" (Peroza; Silva; Akkari, 2013, p. 466).

Contrária à educação bancária, a educação problematizadora nega a existência dos comunicados, baseando-se na investigação crítica sobre o objeto cognoscível. A visão dos(as) estudantes sobre determinado objeto cognoscível permite ao(à) professor(a) admirar sob óticas diferentes o mesmo objeto. Esse tipo de prática permite que os(as) educandos(as) manifestem seu poder criador e problematizador sobre um objeto, desvelando a realidade, pelo exercício da emersão das consciências, que irá resultar em inserção crítica na realidade

(Freire, 1970). Segundo Freire (1970, p. 80), "quanto mais os/as educandos/as problematizam, como seres do mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados/as". Assim, a educação que problematiza a realidade possibilita que os(as) educandos(as) se posicionem frente às contradições do seu contexto, na medida em que percebem a realidade como complexa e controversa, como seres implicados na compreensão e na intervenção.

Para Freire (1970, p. 82), "[...] a educação problematizadora se faz, assim, um esforço permanente através do qual os homens e mulheres vão percebendo, criticamente, como estão sendo no mundo com que e em que se acham". A educação que problematiza a realidade e que, portanto, não é bancária exige do(a) professor(a) que este(a) seja companheiro(a) dos(as) educandos (as) em suas relações com eles(as) (Freire, 1970). Esse(a) educador(a) está a serviço da humanização, da libertação, e não da opressão e da prescrição de um único caminho (Freire, 1970). Nessa perspectiva, "o conteúdo de ensino jamais é depositado, se organiza e se constitui a partir da visão de mundo dos educandos" (Freire, 1970, p. 120).

Segundo Freire (1970), a abertura para outros temas é indispensável à percepção das relações dialéticas que existem em uma realidade. Segundo o autor, "[...] ao terem a percepção de como antes percebiam, percebem diferentemente a realidade, e, ampliando-se o horizonte do perceber, mais facilmente vão surpreendendo, na sua 'visão de fundo', as relações dialéticas entre uma dimensão e outra da realidade" (Freire, 1970, p. 129). Freire (1996) também afirma que ensinar exige respeito aos saberes dos educandos, questionando:

> Por que não aproveitar a experiência que têm os alunos de viver em áreas da cidade descuidadas pelo poder público para discutir, por exemplo, a poluição dos riachos e dos córregos e os baixos níveis de bem-estar das populações, os lixões e os riscos que oferecem à saúde das gentes. Por que não há lixões no coração dos bairros ricos e mesmo puramente remediados dos centros urbanos? Esta pergunta é considerada em si demagógica e reveladora da má vontade de quem a faz.

> É pergunta de subversivo, dizem certos defensores da democracia (Freire, 1996, p. 30).

O autor nos chama a atenção para a necessidade de problematizar e dialogar com as experiências existenciais dos(as) educandos(as), em uma aliança necessária entre os saberes curriculares fundamentais aos(às) alunos(as) e a sua experiência como indivíduos implicados em sua realidade. Acreditamos que, para identificar as experiências existenciais dos(as) alunos (as), é necessário voltar o olhar dos(as) próprios(as) estudantes para a sua realidade, fazendo-os (as) refletir sobre as suas condições de vida e sobre os problemas que atingem a sua comunidade; de que forma, por que e com que intensidade o atingem.

O movimento que constitui a pedagogia freiriana, pautada nos princípios da dialética, da dialogicidade, da contextualização e da problematização, permite aos indivíduos uma formação humanista, abre os horizontes para que se percebam no mundo como agentes participantes, transformadores da realidade, que é histórica. A vocação ontológica em *ser mais* é ideia fundante da pedagogia humanística de Paulo Freire, na medida em que, ao partir da sua vocação ontológica, o homem se percebe na realidade histórica e mutável, passando a questionar o autoritarismo, observando as barreiras que lhe são postas não como algo fatal ou intransponível, mas como uma situação desafiadora, que apenas o limita (Freire, 1970). O diálogo com a realidade concreta e existencial do(a) educando(a), do qual deverão emergir os sentidos para a escolha de conteúdos em sala de aula, é uma maneira de tornar prático o humanismo tão defendido por Paulo Freire.

Segundo Freire (1970), devemos partir sempre das contradições existenciais dos indivíduos, das situações que os desafiam, de forma que os conteúdos se relacionem com seus anseios, com suas dúvidas, podendo desenvolver o pensamento crítico necessário para a superação de situações-limite. Para Freire (1985, p. 4), "[...] para que se tenha uma visão crítica sobre a educação, é preciso reconhecê-la como ato político, bem como reconhecer o poder educativo do ato político". Um(a) professor(a) que se pretende crítico(a) deve manter coerência entre o

discurso e a prática, pois "não é o discurso que ajuíza a prática, mas a prática que ajuíza o discurso" (Freire, 1985, p. 54); e, por fim, deve-se dar ao(à) aluno(a) o direito à palavra, aceitando a sua compreensão de mundo, para, então, a partir do que ele(a) sabe, possa-se aprofundar os conhecimentos necessários para uma prática educativa crítica.

Freire (1970) esclarece que o conceito antropológico de cultura é essencial para a compreensão do homem sobre o seu papel no mundo e com o mundo, como ser de transformação e adaptação. A pedagogia freiriana constrói argumentos em luta explícita contra o capitalismo. Assim, os indivíduos, nessa pedagogia, devem ter oportunidades de se humanizar, por meio da construção de uma crítica sobre o seu mundo existencial, das contradições vividas nele, bem como de formas de intervir na sua realidade. Desse modo, é objetivo da pedagogia freiriana o questionamento, pelos indivíduos, em qualquer cultura, das formas de vida, das contradições, assim como dos mecanismos de opressão vivenciados por eles em sua realidade. Ao fazer isso, os homens e mulheres aprendem a se posicionar frente aos contextos de desigualdades que emergem da sua realidade, pondo em prática a sua vocação ontológica em ser livre, em sua historicidade. Pretende-se, ainda, denunciar formas de opressão características do sistema capitalista, no qual as especificidades dos indivíduos não são respeitadas e o seu saber não é legitimado no enfrentamento das adversidades vividas. Segundo Freire (1970, p. 179), "uma das características de ação antidialógica é a invasão cultural, a qual conduz à inautenticidade dos seres invadidos". Nesse contexto, e particularmente no ensino de Ciências nacional, faz cada vez mais sentido uma prática pedagógica a partir de questões socioambientais que são, geralmente, condicionadas pelo modelo econômico capitalista; assim, sem a problematização das relações econômicas, socioambientais e científicas em torno, por exemplo, das pandemias e epidemias atuais, a impressão é de que tudo permanecerá ruindo como está, isto é, reduzindo nossas esperanças e capacidades de transformar a situação atual. Atualmente, estamos todos esperançosos por uma vacina ou medicamento que nos proteja do coronavírus; nesse sentido, buscamos sempre uma solução

imediata, a curto prazo, para os nossos problemas, às vezes apenas acreditando na ciência e na tecnologia para apresentar essa solução; no entanto, se não formos capazes de refletir sobre como as ações dos homens e mulheres no mundo estão contribuindo para o desequilíbrio ambiental, teremos novas pandemias, além de outros problemas socioambientais. Nesse sentido, é preciso romper com abordagens de ensino que foquem somente em aspectos comportamentais, biomédicos ou cientificistas diante dos problemas socioambientais, e que não auxiliem nesse processo reflexivo profundo, capaz de gerar novas posturas diante do mundo.

Freire (1996) argumenta sobre o fatalismo que, muitas vezes, nega a condição humana dos indivíduos que vivem em condições de opressão, em bairros pobres, sem saneamento básico, sem água, tendo seus direitos negados. Para ele, a frase: "É triste, mas o que fazer? A realidade é mesmo esta", guarda um determinismo, um discurso universal, ideológico, que nega aos indivíduos o direito de libertar-se, dada por indivíduos pragmáticos, em sua posição fatalista habitual, sempre a favor de quem domina a sociedade de classes (Freire, 1996). No contexto de pandemia que vivenciamos, observamos, algumas vezes, o discurso de que todos serão afetados de igual maneira; no entanto, a realidade tem sido outra, pois observamos que nem todo mundo possui condições financeiras de adquirir álcool em gel ou outros produtos de higiene, de fazer quarentena – a exemplo de algumas classes trabalhadoras e moradores de rua. Então, existem sim classes muito mais afetadas com a pandemia, e isso mostra um cenário de injustiça ambiental. Nesse panorama, podemos acompanhar os desdobramentos do capitalismo desde as políticas agrárias, que fomentam o agronegócio e o desmatamento, contribuindo para o surgimento de pandemias, até os desdobramentos cruéis que essa situação tem provocado em diferentes classes sociais, ferindo para muitas o direito à dignidade. Nesse mesmo sentido, observamos cenários de injustiça provenientes da crise quanto ao acesso ao ensino à distância. Enquanto as escolas particulares conseguem manter uma rotina de estudos com os estudantes via internet, a rede pública permanece sem condições de o fazer para todos, pois a maioria dos

estudantes não possui acesso à internet, assim a pandemia mais uma vez escancara e acentua as desigualdades sociais. Segundo a Fundação Carlos Chagas (2020), em pesquisa realizada sobre educação escolar na pandemia, metade dos professores acredita que parte dos alunos não consegue realizar as suas atividades, diminuindo significativamente a expectativa de aprendizagem. Virgínio (2020), chama a atenção para as desigualdades que emergem com mais força nesse cenário, devido ao distanciamento dos alunos da escola pública das atividades escolares, ressaltando a necessidade de políticas públicas que providenciem o acesso à internet e a formação de professores para atuarem nesse novo contexto, e a ausência de medidas que permitam o acesso dos estudantes às aulas, que podem aprofundar ainda mais as relações de desigualdade já estabelecidas, conforme aponta Antunes (2020). Acrescenta-se a isso, o acesso à internet de estudantes da zona rural, quilombolas, indígenas, representados por quase seis milhões de alunos, sendo, portanto, latente a necessidade revogar a Ementa Constitucional (95-2016) que prevê o Teto de Gastos, para garantir o acesso e continuidade das atividades de ensino no cenário da pandemia, para evitar que minorias étnicas, pessoas do campo, estudantes LGBTQIAPN+[3] e os mais pobres, afastem- se ainda mais da escola (Como [...], 2020).

Cabe a nós, educadores(as), não cruzarmos os braços diante da miséria, diante de um discurso morno, perante as desigualdades, que negam a vida, os direitos, a consciência do inacabamento humano. Nesse contexto, julgamos como mais que necessário o olhar problematizador no ensino de Ciências, na busca em aliar conteúdos curriculares com uma formação para a vida, que liberte, que forme de maneira integral os indivíduos, e que não imobilize os indivíduos diante do discurso fatalista silenciador.

3 Lésbicas, *Gays*, Bissexuais, Transexuais/Travestis/Transgênero, *Queer*, Intersexo, Assexuais/Arromânticos/Agênero, Pansexuais/Polissexuais/Panromânticos, Não Binários e muito mais.

Na pedagogia freiriana, observamos que o(a) professor(a) se constitui como um agente facilitador, que tem empatia com os problemas dos(as) educandos(as) e da comunidade, pelas suas condições de vida, sendo que as propostas de ensino e aprendizagem devem se alinhar com essas problemáticas. Com isso, as leituras de mundo dos(as) alunos(as) são ponto de partida para a atividade pedagógica, pois eles(as) não são considerados(as) indivíduos sem conhecimento, sem leitura da realidade em que vivem. A pedagogia freiriana concebe os indivíduos como capazes de conhecer sua realidade, entendê-la em sua totalidade e intervir nos problemas que lá existem. Assim, os indivíduos, enquanto seres cognoscentes, têm a sua autonomia valorizada no processo de reflexão-ação-reflexão.

Segundo os ideais freirianos, o(a) professor(a) deve ser aquele(a) que estimula, anima e orienta o(a) educando(a), em uma postura de humildade, respeito e diálogo. Assim, o(a) professor (a) precisa ser empático(a) com as situações existenciais dos(as) educandos(as). Muitas vezes, tratamos, em sala de aula, da fome na África, mas não nos preocupamos se o(a) aluno(a) em nossa frente está em situação parecida. Essa sensibilidade em perceber os(as) educandos(as) em sua existência é dialógica, permitindo a problematização das condições de vida e denunciando condições de desigualdade, o que permite ao(à) educando(a) consciência crítica efetiva das suas condições de vida. Freire (1996, p. 29) afirma que "o/a professor (a) deve ser contra qualquer forma de discriminação, contra a dominação econômica dos indivíduos ou classes sociais". Em suas palavras, "sou professor contra a ordem capitalista vigente que inventou esta aberração: a miséria da fartura" (Freire, 1996, p. 28). O autor é contrário ao posicionamento mercadológico que sobrepõe os valores capitalistas de mercado aos valores humanos. O professor, nesse sentido, é propositor de currículos e não apenas mero executor; ele olha a realidade, a problematiza e compreende as condicionantes dos problemas vividos para instigar os seus alunos a olharem a realidade a partir de uma curiosidade epistemológica, de maneira intencional. O pensamento de Paulo Freire, como destacamos anteriormente, contribui ao pensamento crítico em

Ciências, conforme apontam Furlan e demais autores, (2011), Ghelen (2014), Souza e Chapani (2013), a partir do momento que defendem a aproximação da cultura da ciência às pessoas comuns, encorajando nova postura de pesquisa por professores(as) e alunos(as), incentivando o diálogo com outras cosmologias, formas de conhecimento, dando lugar a um pensamento interdisciplinar e multidisciplinar essencial no combate tanto a posturas que negam o valor da ciência, quanto posturas cientificistas. Possibilita, assim, o entendimento de que a ciência é construída por pessoas que são comuns e falíveis e, portanto, passíveis de erros. A abordagem freiriana incentiva o desenvolvimento de uma postura ética e transformadora dos(as) alunos(as) sobre a realidade, reconhecendo-se como parte dela. Assim, é preciso que lancemos um olhar mais crítico, desvelando a complexidade que esse problema apresenta, valorizando uma abordagem socioambiental, e não apenas comportamental ou biomédica.

Muitas vezes, atribuímos exagerada fé na ciência e na tecnologia, de que cientistas poderão resolver os problemas da humanidade, mas precisamos entender que eles também possuem falhas, são carregados de valores e são influenciados por aqueles que estão no poder e quando tratamos de problemas socioambientais, as atitudes, os sistemas de produção, o consumismo, precisam ser urgentemente revistos para que possamos evitar o surgimento de novas crises ambientais. Esperamos que uma vacina seja, então, logo produzida e distribuída, e esperamos ainda que, outras doenças curáveis que são endêmicas no nosso país, a exemplo da Doença de Chagas, também recebam esta atenção quanto ao desenvolvimento de remédios que possibilitem a cura. Freire esclarece que, por meio da análise das contradições que vivenciam, os indivíduos podem se posicionar frente aos problemas. Para o autor, é preciso entender um tema como uma contradição, na relação dialética com os mais variados campos de conhecimento, reconhecendo que é nas relações de homens/mulheres com o mundo que a dialética atua.

Ao observar as contribuições dos diferentes autores(as) sobre o que é o pensamento crítico, elaboramos o quadro abaixo (Quadro 2), o qual tem

o objetivo de apresentar suas perspectivas e contribuições para o alcance de habilidades de pensamento crítico. Os(as) autores(as) utilizados(as) para a definição de pensamento crítico foram: Freire (1982, 1996, 2006), Tenreiro-Vieira e Vieira (2005), Merchán (2014) e Torres e Solbes (2018).

Quadro 2 – Contribuições de diferentes autores(as) para o alcance de habilidades de pensamento crítico

AUTORES	CONTRIBUIÇÕES PARA O ALCANCE DE HABILIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO
Torres e Solbes	Ter uma visão de ciência como não neutra, falível, passível de erros, influenciada por valores particulares e relações de poder, históricas, relações com a tecnologia e possíveis desdobramentos na sociedade. Estar informado sobre o tema, detectar falácias, pesquisar sobre o assunto a partir de fontes credíveis, compreender as diferentes relações do tema com aspectos sociais, políticos, ambientais, econômicos, éticos etc., realizar juízos éticos a partir da QSC, entendendo a contribuição deles para o cumprimento das necessidades humanas e para solução de problemas do mundo.
Torres Merchan	Analisar argumentos, propor soluções de problemas, estruturar uma maneira de pensar própria, ter posicionamento frente a situações de conflito cultural e científico, ter visão ampla sobre a ciência, seu modo de funcionamento, impactos na sociedade e no ambiente; entender o tema de maneira complexa, buscar soluções alternativas, posicionar-se frente ao problema, realizar juízos éticos a partir de QSC.
Tenreiro-Vieira e Vieira	Argumentar com base em evidências científicas, relacionar causa e hipótese, questionar a validade de argumentos, conhecimento conceitual e axiológico sobre o problema, avaliar imparcialmente os diferentes pontos de vista, formular hipóteses, tirar conclusões, procurar inferências, pensar em soluções alternativas, ter postura questionadora, tomar decisões racionais na resolução de problemas pessoais e sociais que envolvem a ciência e a tecnologia.

Autores	Contribuições para o alcance de habilidades de pensamento crítico
Paulo Freire	Considerar a possibilidade de ser um cientista, considerando a vocação ontológica dos homens e mulheres em *ser mais,* resultado do processo de humanização; entender que a ciência está na sua realidade e não apenas no laboratório; reconhecer diferentes formas de explicar e interpretar o mundo, realizar juízos éticos a partir da realidade existencial vivenciada pelos indivíduos; analisar contradições e desigualdades vivenciadas pelo princípio da radicalidade e da totalidade, entender-se como ser condicionado, inacabado e histórico, compreender as relações de opressão existentes no seu contexto e no contexto global analisando o acesso desigual de determinadas classes à tecnologia, bem como à ciência e os efeitos destas na sociedade marginalizada – dialética –, reflexão-ação, as sumir-se como agente fazedor de cultura; ser empático com o problema do outro; ter amor ao próximo e aos educandos, aliar seriedade docente, afetividade e ética; e ser humilde para que se possa respeitar a curiosidade dos educandos, promover o diálogo entre diferentes saberes, visão de ciência e tecnologia engajada com problemas sociais; professor facilitador e empático.

Fonte: elaborado pela autora.

Matarredona e Torres Merchan (2013) e Torres e Solbes (2018) possuem uma concepção mais ampla de pensamento crítico se comparada com as concepções de Tenreiro-Vieira e Vieira (2013). Torres e Solbes (2018) ampliam esse conceito, uma vez que ele "[...] não se limita apenas aos procedimentos envolvidos, mas engloba seus desdobramentos na sociedade, exigindo a tomada de posicionamento, assumindo a atividade científica como engajada socialmente" (Matarredona; Torres Merchan, 2013, p. 13). Os argumentos de Freire (1982, 1996, 2006) nos permitem elaborar habilidades de pensamento crítico que envolvem desde uma concepção de ciência e tecnologia envolvida por valores capitalistas, os benefícios da ciência e da tecnologia para a sociedade, até a construção de uma visão mais humanista neces-

sária na formação de sujeitos engajados socialmente, capazes de se aproximar da ciência, entender as suas aplicabilidades, formas de funcionamento e ideologias que nos afastam do trabalho científico. O entendimento pelos sujeitos de que a ciência está na sua realidade, e que o não acesso a determinadas tecnologias e conhecimentos científicos gera situações de desigualdade e sofrimento para a sua comunidade pode gerar a disponibilidade para a ação, a partir da reflexão, resultando no engajamento informado, responsável.

Tais pressupostos são essenciais no alcance de pensamento crítico que, na perspectiva freiriana, deve envolver a problematização também da realidade existencial, provocando o desvelamento da realidade, incentivando a intervenção na prática por meio da dialética. Nesse panorama, Freire (1962, 1996) pensa e problematiza as relações entre Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), mas avança no sentido de pensar as condições dos homens e mulheres no mundo, a sua libertação e humanização para que possam questionar as contradições impostas pelo sistema capitalista, impulsionados(as) por uma ciência e tecnologia "desproblematizada", incentivando a construção e a análise de valores éticos e morais de empatia e mudança da realidade e avança muito mais; ao fazer isso tudo, na prática, ele não apenas ensina, teoriza, mas faz acontecer. Entendemos que a ciência e a tecnologia estão "desproblematizadas" quando não percebemos as relações de poder e interesses particulares que envolvem a definição de agendas de pesquisa, o desenvolvimento delas e quando se omite os possíveis impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente e não são discutidos em sala de aula, legitimando visões neutras e deformadas no trabalho científico, potencializando situações de desigualdade.

Visando analisar o alcance do desenvolvimento de pensamento crítico pelos(as) alunos(as), elaboramos um quadro analítico, baseado nos estudos de Tenreiro-Vieira (2013), Torres e Solbes (2018) e Freire (1982, 1996, 2007), buscando construir inferências sobre o desenvolvimento das capacidades de pensamento crítico no âmbito do ensino de Ciências Naturais via QSC com base na perspectiva CTSA e na pedagogia freiriana, a partir de dados produzidos pelos grupos.

Esses critérios, sete ao todo, foram sistematizados a partir do estudo teórico de referenciais sobre desenvolvimento de pensamento crítico no contexto do trabalho com QSC, CTSA e a pedagogia freiriana, sendo elencados no Quadro 3, os quais servirão de referência para análise dos dados analisados na próxima seção.

1. Compreender a ciência como construção sociocultural, não neutra, suas relações com a tecnologia e desdobramentos na sociedade e no ambiente.

Entender que a atividade científica é passível de erros, feita por pessoas comuns, e que ela sofre influências do meio torna-se imprescindível quando pensamos em um ensino de Ciências crítico e reflexivo (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Torres; Solbes, 2018). Ainda, nessa perspectiva, entender essas relações envolve pensar em contribuições positivas e negativas da ciência e seus desdobramentos na sociedade e no ambiente. Partimos do pressuposto de que, para tornar-se crítico e reflexivo, o indivíduo precisa entender de que maneira e por quem a ciência é produzida, descontruindo mitos com relação à imagem do(a) cientista, que nos colocam em posição de inferioridade no alcance desse lugar na sociedade.

2. Estar informado sobre o tema, não se limitar a discursos dominantes, detectar falácias argumentativas, avaliar a credibilidade das fontes, tendo em vista interesses particulares e adotar postura questionadora em torno dos debates envolvendo CTSA.

Acreditamos que saber selecionar fontes de informação confiáveis, baseadas em dados científicos, é tarefa essencial quando pensamos em detectar falácias argumentativas (Conrado; Conrado, 2016; Torres; Solbes, 2018). Nesse sentido, quando trabalhamos com QSC, precisamos selecionar dados que sejam baseados em princípios científicos e não cientificistas que, de fato, ajudem a solucionar/entender o problema sociocientífico, uma vez que a produção e divulgação de

dados envolvem interesses particulares e relações de poder que precisam ser desveladas, para que se adote uma postura de dúvida/questionamento diante das relações entre o social e o científico, permeadas por relações entre CTSA (Andrade, 2016; Santos, 2009).

3. Compreender a QSC de maneira ampla, integral, estabelecendo relações do problema estudado com dimensões éticas, políticas, sociais, ambientais, morais, culturais, filosóficas, aproximando-se rigorosamente do objeto cognoscível.

Partimos da compreensão de que o ato de pesquisar é tarefa essencial para o(a) professor(a) pesquisador(a), conforme nos alerta Freire (1996), que defende que, para que se consiga chegar à criticidade devemos ser curiosos(as), rigorosos(as) no processo de descoberta do objeto que pretendemos conhecer. Nessa perspectiva, compreender uma QSC de maneira integral exige uma aproximação intensa com os mais variados aspectos que envolvem o problema, para que se possa construir uma visão complexa, crítica, capaz de orientar tomadas de decisões informadas e responsáveis e ações sociopolíticas comprometidas com a justiça socioambiental (Bencze *et al.,* 2018; Hodson, 2018).

4. Considerar a possibilidade de ser um(a) cientista e entender que a ciência está na sua realidade.

Acreditamos que ver a ciência como realizada por cientistas que têm uma imagem elitizada, normalmente branca e sexista, afasta pessoas comuns e inclusive mulheres desse tipo de atividade. Esse processo envolve a recusa de discursos fatalistas sobre o seu lugar no mundo, a partir da convicção de que a mudança é possível, pois devemos promover a reflexão dos(as) alunos(as), pensando na vocação ontológica dos homens e mulheres em *se humanizar*, considerando a historicidade da vida, da realidade, contra o fatalismo que nega a humanidade (Freire, 1996). Entender que a ciência está no contexto existencial também é um sinal de pensamento crítico, pois é comum a visão de que a ciência

somente é realizada no laboratório, pautada na observação e na experimentação científicas, que cria uma imagem "ingênua" da ciência e do cientista, reforçando imagens elitistas – homem, branco, gênio –, que em nada contribuem para a aproximação dos(as) estudantes com a ciência escolar e acadêmica (Gil-Pérez *et al.*, 2001). Ainda, nessa perspectiva, entendemos que o indivíduo precisa se ver como cientista, ou seja, apropriar-se do discurso, das ferramentas e do raciocínio científico, ver e mobilizar a ciência no seu cotidiano.

5. Realizar juízos éticos a partir da QSC, entendendo a contribuição destes para o cumprimento das necessidades humanas e para solução de problemas do mundo e do próximo.

Partindo do princípio de empatia, apresentado na literatura freiriana, pensamos que realizar juízos éticos a partir de QSC envolve tanto uma visão complexa e integral do problema, para que o indivíduo entenda as mais variadas nuances que ali estão envolvidas, quanto nos colocar no lugar das pessoas que sofrem determinado problema, em determinada comunidade, no sentido de não apenas resolver o problema de maneira analítica, mas nos aproximarmos dos impactos sofridos pelo indivíduo que está próximo e que vivencia experiências desumanizantes, contribuindo para a aquisição de valores de bem-estar social local e global (Bencze, 2018; Hodson, 2011).

6. Reconhecer diferentes formas de explicar e interpretar o mundo, considerando os conhecimentos do senso comum e científicos para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica e de práticas que priorizem o bem-estar socioambiental.

A perspectiva freiriana nos oferece subsídios para pensar o ensino de Ciências reflexivo, uma vez que, para o autor, precisamos questionar o pedestal epistemológico em que as Ciências Naturais muitas vezes se encontram em relação a outras ciências, bem como em rela-

ção a outras formas de conhecer (Freire, 1996). Sendo assim, na resolução de problemas envolvendo QSC no ensino de Ciências, precisamos reconhecer outras formas de explicar o mundo, outras epistemologias, para que não seja reforçado o cientificismo velado pela própria ciência (Baptista, 2015; Cobern; Loving, 2001). Reconhecer outras epistemologias significa permitir o diálogo entre os saberes da tradição, do senso comum e da ciência, no sentido de ampliação, demarcação, e não de anulação de conhecimentos produzidos no seio das comunidades tradicionais. Essa ampliação poderá permitir o desenvolvimento da curiosidade epistemológica, que não é ingênua, pois se aproxima cada vez mais metodicamente do objeto cognoscível (Freire, 1996).

7. Tomar decisões fundamentadas em aspectos éticos, morais, políticos, econômicos e científicos, promovendo ações capazes de levar melhorias à sua realidade existencial.

Para que os indivíduos tomem decisões fundamentadas, é preciso estarem bem-informados e, acima de tudo, entenderem a dinâmica social e política em que vivem, não de uma maneira ingênua, mas questionadora e utópica, para que possam se indignar diante dos fatos, acreditar que a mudança é possível e agir. Assim, podem entender o futuro como possibilidade, e não como determinação, como algo inexorável, engajando-se na tarefa de, ao constatar, intervir, problematizando o hoje, as condições de vida, as negações à dignidade humana, não se adaptando a discursos deterministas, fatalistas, ou mesmo à fome, ao medo, ao desconforto, à falta de higiene experimentados (Freire, 1996).

No quadro a seguir, organizamos os critérios explanados acima, considerando as habilidades que se espera alcançar no desenvolvimento de pensamento crítico, bem como as dificuldades que impedem o alcance de tais habilidades, a partir da literatura supracitada.

Quadro 3 – Habilidades esperadas para o alcance de pensamento crítico a partir da abordagem de QSC

HABILIDADES DE UMA PESSOA COM PENSAMENTO QUE ABORDE QSC CRÍTICO	DIFICULDADES QUE IMPEDEM O ALCANCE DE HABILIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO
Compreender a ciência como construção social, não neutra, suas relações com a tecnologia e desdobramentos na sociedade e no ambiente	Compreender a ciência como um conhecimento elitista, a histórico e descontextualizado. Não visualizar os problemas enfrentados pela sociedade decorrentes do desdobramento da ciência e tecnologia na sociedade e no ambiente.
Estar informado sobre o tema, não se limitar a discursos dominantes, detectar falácias argumentativas, avaliar a credibilidade das fontes, tendo em vista interesses particulares, adotar postura questionadora em torno dos debates envolvendo CTSA.	Limitar-se a discursos dominantes, sem questionar as informações encontradas, desconhecendo interesses que subjazem a discursos autoritários, sem fundamentos científicos e éticos.
Compreender a QSC de maneira ampla, integral, estabelecendo relações do problema estudado com dimensões éticas, políticas, sociais, ambientais, morais, culturais, filosóficas etc., aproximando-se rigorosamente do objeto cognoscível.	Não se aproximar de maneira profunda do objeto a ser estudado, apresentando visão unidimensional, descontextualizada das múltiplas relações CTSA, sem observar os efeitos científicos e tecnológicos na sociedade.
Considerar a possibilidade de ser um (a) cientista e entender que a ciência está na sua realidade.	Ver a atividade científica como algo inerente de gênios isolados em um laboratório, geralmente homens, brancos, sem participação coletiva e colaborativa. Compreensão de que o cientista trabalha apenas no laboratório e que, portanto, a ciência se resume ao que acontece nesse espaço.

HABILIDADES DE UMA PESSOA COM PENSAMENTO QUE ABORDE QSC CRÍTICO	DIFICULDADES QUE IMPEDEM O ALCANCE DE HABILIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO
Realizar juízos éticos a partir da QSC, entendendo a contribuição destes elementos para o cumprimento das necessidades humanas e para solução de problemas do mundo e do próximo.	Visão neutra da atividade científica, não compreendendo a necessidade de mudança de posicionamento e de aquisição de valores que ajudem no bem-estar social local e global.
Reconhecer diferentes formas de explicar e interpretar o mundo, considerando os conhecimentos do senso comum e científicos para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica e de práticas que priorizem o bem-estar socioambiental.	Considerar a ciência como única forma de conhecer e explicar o mundo; não dialogar com epistemologias do senso comum e provenientes do conhecimento tradicional.
Tomar decisões fundamentadas em aspectos éticos, morais, políticos, econômicos e científicos, para promover ações capazes de levar melhorias à sua realidade.	Ser passivo, ter atitude conformista diante dos problemas sociocientíficos vivenciados em sua realidade.

Fonte: elaborado pela autora (2019) adaptado de Freire (1995) e Torres e Solbes (2018).

ASPECTOS DE COMPLEMENTARIEDADE ENTRE AS QSC E A PEDAGOGIA FREIRIANA

contribuições para o ensino de Ciências Naturais

Este trabalho, inspirado na pedagogia freiriana, insere-se no âmbito da politização dos(as) educandos(as), partindo do princípio de que os seres humanos devem compreender a sua realidade para denunciar e anunciar novas perspectivas de mudança. Freire (1967) pensava em uma alfabetização ligada à democratização da cultura. Nesse processo, os seres humanos não seriam pacientes, recebedores de regras e palavras, mas seriam seres protagonistas do processo de libertação e aprendizagem. Assim, os sentidos das palavras se manifestam por meio do contato com o contexto dos(as) educandos(as), partindo de questões existenciais, levando-os(as) a refletir sobre a sua vocação ontológica em ser sujeitos, e não massa, considerando a historicidade humana. O autor esclarece que

> Pensávamos numa alfabetização que fosse em si um ato de criação, capaz de desencadear outros atos criadores. Numa alfabetização em que o homem, porque não fosse seu paciente, seu objeto, desenvolvesse a impaciência, a vivacidade, característica dos estados de procura, de invenção e reivindicação (Freire, 1967, p. 104).

O indivíduo precisa descobrir-se como fazedor do mundo da cultura, por meio da modificação da natureza. À medida que o indivíduo

se reconhece como agente transformador e constituidor de cultura, ele então reconhece o seu valor, a sua força. Somente a partir da transição de uma consciência real efetiva para uma consciência máxima possível seria viável romper com a inexperiência democrática que assolava o povo em decorrência das contradições políticas da época em que Paulo Freire desenvolveu sua pedagogia. Através da construção do espírito questionador e participativo, seria possível evitar a propagação ainda maior da massificação, em um contexto em que cerca de um terço da população era analfabeta (Freire, 1994). Freire avançou ao pensar no sentido de uma pedagogia que proporcionasse a compreensão e a intervenção crítica na realidade existencial dos indivíduos, bem como que considerasse esses indivíduos como seres capazes de se transformar e de transformar a sua realidade, em discurso arduamente crítico e inconformado contra o fatalismo desumano do capitalismo e do neoliberalismo que os assolavam em seu cotidiano (Freire, 1994). Faz-se necessário repensar o sentido e o objetivo da educação brasileira, não somente tendo em vista as suas necessidades socioculturais particulares, mas visando nos aproximar do sentido que a educação deve ter para uma nação, a qual deve prezar tanto a formação conceitual dos(as) educandos(as), através da leitura da palavra, quanto a formação humanística, construída a partir da leitura do mundo, no diálogo homem/mulher-mundo constante (Freire, 1995). A pedagogia freiriana ressalta que a educação deve ter o papel de resgatar valores voltados para a emancipação humana.

As QSCs podem proporcionar um ensino crítico através da contextualização das relações entre CTSA no ensino de Ciências Naturais, o que permite a problematização de concepções tecnicistas, cientificistas e negacionistas presentes na atualidade (Pedretti, 2014). Os pensamentos do educador Paulo Freire (1995) convergem com o trabalho com QSC na perspectiva CTSA no que tange à necessidade de refletirmos sobre uma abordagem de ensino que vise a formação integral – desenvolvimento de conceitos, valores, habilidades e atitudes – e a politização dos(as) educandos(as), para que eles(as) compreendam a

dinâmica política e ideológica do seu contexto e se tornem capazes de intervir nele (Bencze *et al*., 2018; Hodson, 2018; Santos, 2009).

Nesse sentido, a problematização, entendida a partir do trabalho com QSC na perspectiva CTSA, dá-se na medida em que conseguimos desvelar contradições que envolvem pressupostos científicos e tecnológicos, interesses particulares, acesso e impactos na sociedade e ambiente. Assim, essa problematização geralmente surge do contexto sociopolítico atual global ou local (Hodson, 2011; Ratcliffe; Grace, 2003), direcionado pelo(a) professor(a) e não necessariamente pelas demandas locais, como na pedagogia freiriana. A problematização na perspectiva freiriana envolve o desvelamento de contradições vivenciadas na realidade existencial, que podem incluir aspectos de C e T, mas não necessariamente pode incluí-las em menor ou maior profundidade. Assim, na educação problematizadora, o(a) professor(a) elabora perguntas que busquem desvelar/desmistificar as relações de homens e mulheres com o mundo, buscando analisar criticamente o contexto, bem como superar os limites. Santos (2008) propunha uma ressignificação da abordagem Ciência Tecnologia e Sociedade a partir do referencial freiriano, pois, para ele, não devemos somente nos questionar sobre o uso ou não de aparelhos eletrônicos, aspectos relacionados à natureza da ciência e aos impactos no ambiente, mas também questionar o modelo excludente que a ciência e a tecnologia reproduzem, quem tem mais acesso a seus benefícios, quem sofre mais com seus desdobramentos negativos. De maneira radical, para ele, essa seria uma maneira de aliar a educação CTS e aspectos sociocientíficos com a pedagogia freiriana, que permitiria uma educação política que busca a transformação do modelo racional de ciência e tecnologia excludente para um modelo voltado para a justiça e igualdade social (Santos, 2008). Atualmente, têm sido desenvolvidas propostas de ensino que buscam partir do ensino das QSCs e da CTSA a partir de demandas locais, no entanto, em sua essência, esses temas podem surgir do contexto midiático, global, local, ou até mesmo das necessidades apontadas pelos(as) professores(as) (Hodson, 2011).

Para Santos (2008) e Barret e Pedretti (2006), a perspectiva CTSA e a pedagogia de Paulo Freire se aproximam pela intenção de um ensino de Ciências voltado para questões políticas, comprometido com a transformação do mundo. E para compreender a realidade, desvelar as relações CTSA, nos dias atuais, é cada vez mais necessário. Ainda, nesse panorama, para Muenchen e Auler (2013), a articulação entre os ideais freirianos e a perspectiva CTS está na luta pela democratização da participação pública nos problemas sociais e na vocação ontológica do ser humano em humanizar-se. Um aspecto que aproxima CTS de Freire é a preocupação com o ensino propedêutico, no caso do ensino de Ciências, voltado para a formação do cientista, considerando a utilidade do ensino apenas para seu uso em momento futuro, reflexo da separação entre teoria e prática, entre o mundo da escola e o mundo da vida, levando a questionamentos frequentes em salas de aula de Ciências Naturais, como: "para que eu preciso saber disso?" (Auler, 2007). Assim, partimos do pressuposto de que é preciso questionar a proposta curricular existente, bem como os métodos de aprendizagem, uma vez que ambos guardam ideologias que definem, em grande medida, o sucesso da aprendizagem escolar, levando em consideração as relações entre escola e sociedade. "Nesse sentido, a educação não pode continuar presa à ênfase exagerada dada aos pré-requisitos, pautada pela separação do tempo de aprender do tempo de viver" (Auler, 2007, p. 172).

O conceito de problematização é pensado por Freire a partir da necessidade de buscar, naquilo que os(as) estudantes já trazem da sua vivência, os valores que darão sentido ao aprendizado em sala de aula. "Essa problematização é capaz de criar uma lacuna e gerar no (a) educando/a a necessidade de querer aprender aquilo que ainda não sabe" (Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009, p. 7), desafiando-o(a) a construir novos sentidos sobre sua realidade existencial, favorecida pela dialogicidade. A problematização, nessa perspectiva, consiste em trazer à tona as contradições e situações-limite vivenciadas pelos indivíduos em seu contexto, buscando desvelar as suas condições de opressão, fazendo com que o educando busque conhecer aquilo que ainda não sabe. Assim, conforme nos orienta Saviani (1996, p. 14), "a essência do problema

é a necessidade", a necessidade de saber que precisa aprender sobre algo, a consciência de que falta algo para aprender. A problematização, nessa perspectiva, não é algo dado, mas construído a partir do olhar e das falas de quem vive a realidade, a partir do processo pelo qual esses olhares foram construídos (Ricardo, 2003). Nesse panorama, a problematização, em Freire, possibilita o diálogo entre homens/mulheres e mundo, e entre professores e alunos, à medida que, em todo o método freiriano existe a necessidade de diálogo entre esses agentes, desde os círculos de investigação temática, até a aplicação em sala de aula (Ricardo, 2003). A contextualização, na perspectiva freiriana, envolve não apenas trabalhar com o contexto, mas com o sentido que o problema tem naquele contexto, para aquelas pessoas. Na contextualização, toma-se a realidade como ponto de partida e de chegada, e o indivíduo retorna o olhar para determinado problema/situação com possibilidades de denúncia e anúncio/proposições de mudança.

A dialogicidade e a problematização promovem o exercício da ação e da reflexão, levando ao conceito de práxis, bem como à formação do pensamento crítico, possibilitando o questionamento das contradições sociais e levando ao desvelamento pelo(a) oprimido(a) de sua realidade opressora. O uso de QSC, na vertente da justiça socioambiental no ensino de Ciências também tem sido pensado nesse aspecto, pois, através da dialogicidade e da problematização, busca-se a formação de indivíduos que compreendam os problemas da realidade local ou global e busquem formas de solução desses problemas, por meio de ações sociopolíticas (Hodson, 2004). Essas duas perspectivas também dialogam no sentido de valorizarem a aprendizagem de saberes sistematizados a partir do contexto. No entanto, nessa perspectiva, o diálogo não é central no processo de busca das QSCs, os temas podem ser escolhidos pelos estudantes, sem relação com a sua realidade existencial.

No entanto, na perspectiva freiriana, esses saberes são construídos a partir de temas geradores locais, enquanto, na perspectiva CTSA, parte-se de temas controversos que contemplam ciência e tecnologia, que podem ser originados tanto do contexto global quanto local. Vale ressaltar que Freire (1996) construiu sua crítica ao processo de alfa-

betização e formação humana, impulsionada por ideais de igualdade entre os indivíduos, enquanto o uso de QSC, na perspectiva da justiça socioambiental da educação CTSA, teve sua origem impulsionada principalmente por uma visão crítica aos problemas socioambientais gerados pela ciência e pela tecnologia. O que converge, portanto, entre as duas perspectivas é principalmente a busca por melhores condições de vida para as pessoas a partir do olhar crítico sobre o mundo, o desenvolvimento de um posicionamento político e a necessidade de uma nova agenda curricular.

Freire (1995) ressalta que é necessário o olhar crítico sobre os avanços científicos e tecnológicos, a partir do qual deve-se questionar a serviço de quem esses avanços estão, qual ética lhes é subjacente, quais valores lhes impulsionam e a quais pessoas seus resultados servem. O pensamento freiriano contribui no sentido de um pensar ciência e tecnologia e seus impactos na sociedade e ambiente preocupado com a dignidade e a sobrevivência das pessoas comuns dadas pelos impactos que uma sociedade produz a partir do desenvolvimento científico e tecnológico.

Nesse aspecto, Freire (1996) ressalta a importância de discutir problemas que representam contradições sociais, como a poluição das águas, que retira das pessoas o direito pela água limpa, e a falta de saneamento básico e os lixões, que oferecem risco à saúde das pessoas, questionando também o agravamento desses problemas em bairros de classes menos favorecidas, por meio, mais especificamente da "redução temática". Por outro lado, a seleção dos conteúdos no trabalho com QSC e CTSA, muitas vezes, ocorre a partir do contexto global ou local, sobre temas que envolvem ciência e tecnologia. Acreditamos que partir de problemas locais para ensinar Ciências torna o processo de ensino e aprendizagem muito mais significativos e envolventes, uma vez que estamos relacionando o conteúdo da disciplina com problemas da realidade existencial dos(as) educandos(as). Mais especificamente, segundo Auler (2007, p. 31),

> No que diz respeito à relação tema/conteúdo, nos trabalhos que envolvem a pedagogia freiriana, o conteúdo é selecionado a partir do tema, e nos trabalhos CTS há tanto intervenções que partem dos temas, como também ocorre o inverso, ou seja, os temas podem ser selecionados a partir do conteúdo.

Da mesma forma, os materiais didáticos na pedagogia freiriana devem partir do contexto dos(as) alunos(as), problematizando-o em sua realidade, o contexto em suas contradições. Nesse sentido, a apropriação dos materiais didáticos pelo(a) professor(a) deve ser realizada tendo em vista as necessidades do contexto, como instrumentos de apoio, devendo ser elaborados a partir da realidade local, problematizando as relações com a natureza e com o mundo. Essas relações eram trabalhadas a partir de algumas fichas de cultura, que apresentavam temas que abordavam a relação homem e natureza, o homem e sua realidade. Já no trabalho com QSC e CTSA, o material didático pode ser livros e textos de divulgação científica, vídeos e reportagens em articulação com o livro didático, bem como o próprio caso, que pode ser contextualizado com a realidade dos(as) alunos(as). O trabalho com QSC e CTSA, geralmente, não se inicia com uma análise das contradições do contexto, mas sim da discussão particular de situações inspiradas na realidade existencial e, posteriormente, colocam-se as controvérsias com base nos problemas socioambientais da situação (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2011). Na perspectiva freiriana, deve-se partir de contradições do contexto local e global.

Quanto ao papel do(a) professor(a), na perspectiva freiriana, percebemos que o(a) docente não deve esconder a sua posição política, sendo que ele(a) não deve obrigar o(a) aluno(a) a votar, por exemplo, em determinado(a) candidato(a), mas deve apontar quais são os pressupostos político-partidários que aquele(a) candidato(a) compartilha (Freire, 1995). Para Santos (2008), se o(a) professor(a) for apolítico(a), estará, mesmo sem querer, defendendo a ideologia dominante imposta pelos sistemas científicos e tecnológicos. “Essa posição política exige o comprometimento político do(a) professor (a) com a transformação social, tendo em vista o contexto de desigualdade presente no processo

de globalização atual e buscando construir uma sociedade mais igualitária e justa" (Freire, 1970, p. 34). "Assim, o papel do/a professor (a) não está em revelar a realidade dos/as educandos/as, mas em ajudá-los/as a compreender a realidade por si sós" (Santos, 2008, p. 126), desvelando-a em suas contradições, injustiças, pela análise crítica, entendendo que os(as) estudantes são seres inacabados, mas que estão em constante processo de construção em seu contato com o mundo.

O papel do(a) professor(a), nesse sentido, deverá ser o de intervir para que as pessoas reconheçam o seu papel transformador e para que a mudança seja possível, percebendo o quanto fazem parte do mundo e da sua cultura. Por isso é que ensinar exige humildade e respeito aos saberes dos(as) educandos(as), querer-lhes bem, sabendo escutar com eles o mundo a sua volta. Isso é possível por meio da decodificação do mundo, conforme salientou Freire (1970). "Dessa forma, o papel do professor não é impor valores ou dar a solução para os problemas sociocientíficos, mas ajudar o/a educando/a a compreender diferentes valores e alternativas para selecionar por si mesmo/a o caminho possível a percorrer" (Santos, 2008, p. 123). No livro *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa* (1996), Freire discute algumas questões fundamentais para a formação de professores. Para Freire (1996), não há docência sem discência, uma vez que ensinar envolve um diálogo em que tanto docente quanto discente anunciam o mundo, buscando desvelá-lo. Assim, o(a) professor(a) não deve se preocupar apenas em transferir conhecimento, mas entender que este se constrói na prática, na práxis. Esses princípios, portanto, devem fundamentar a sua prática, uma vez que o professor deve saber escutar com os alunos, construindo um argumento/diálogo com eles, dentro da estrutura de uma aula também fomentadora do diálogo, e não apenas expositiva.

Desse modo, o papel do(a) professor(a) não se encerra no ensino, pois é preciso continuar corporeificando a palavra, para que a sua prática seja crítica. O(a) professor(a), nessa pedagogia, é empático(a), facilitador(a) e impulsionador(a) do trabalho dos(as) alunos(as), objetivando uma formação humanística. Assim, para Freire (1996), ensi-

nar exige querer bem aos(às) educandos(as), o que significa que o(a) professor(a) não deve ter medo de expressar a sua afetividade, pois não há dicotomia entre seriedade profissional e afetividade, podendo ambas existirem na relação professor(a) e aluno(a). Complementa o autor, ainda, que "o que não posso obviamente permitir é que minha afetividade interfira no cumprimento ético de meu dever de professor no exercício da minha autoridade" (Freire, 1996, p. 141). Essa defesa de uma prática afetiva em sala de aula encontra-se também no trecho a seguir: "Desde que não prejudique o tempo normal da docência, não posso fechar-me a seu sofrimento ou a sua inquietação porque não sou terapeuta ou assistente social, mas sou gente" (Freire, 1996, p. 144).

Já no trabalho com QSC e CTSA, na vertente da justiça socioambiental, não há, pelo menos de maneira explícita, uma preocupação do(a) professor(a) em exercer esse papel de empatia com o problema do(a) aluno(a), de impulsionar e motivar. Nessa perspectiva, o(a) professor(a) busca sistematizar, sequenciar a construção do conhecimento visando à resolução do problema. Aqui, o(a) professor(a) pode posicionar-se, para mostrar a importância de não se abster disso, mas recomenda-se que não faça proselitismo (Hodson, 2013, 2018) a respeito de seu posicionamento político, sendo o posicionamento do(a) aluno(a) construído por suas próprias escolhas, a partir das leituras e discussões sobre o tema.

Embora a reflexão na "educação problematizadora" enfatize o desvelamento da realidade, a dialogicidade, que prioriza a participação das pessoas no seu próprio processo educativo, contribui de maneira significativa para que o educando aponte as suas dificuldades em torno da construção do conhecimento, tomando consciência sobre a importância desse processo e do seu papel transformador. Para nós, as obras de Freire, de maneira geral, deixam clara a sua preocupação com a aprendizagem de conceitos, pois não findava em desvelar a realidade, o que correspondia ao ponto de partida dos processos educativos, para a qual retornaria toda a reflexão em forma de práxis. Nesse sentido é que o educador defende que o(a) professor(a) auxilie o(a) educando(a) a se reconhecer enquanto construtor(a) de sua prática

cognoscitiva, de modo que "[...] é ensinando matemática que ensino também como aprender e como ensinar, como exercer a curiosidade epistemológica indispensável à produção do conhecimento" (Freire, 2005, p. 122).

Quanto à compreensão do problema, na perspectiva freiriana, há uma preocupação explícita em problematizar, estudar o tema gerador a partir de diferentes áreas do saber, considerando os conhecimentos prévios dos(as) alunos(as), sua percepção de mundo, uma vez que o diálogo é elemento fundante dessa pedagogia. Faz-se necessário, portanto, um olhar do problema a partir das vivências das pessoas que, nesse contexto, vivenciam as contradições que negam a sua dignidade. Em contrapartida, no trabalho com QSC e CTSA, apesar de ser interdisciplinar, no ensino de Ciências, a compreensão do problema é construída inicialmente a partir de diferentes áreas da ciência, posteriormente conectando-se com outras áreas do conhecimento (Pedretti; Nazir, 2010). Busca-se uma compreensão mais analítica do problema, procurando entendê-lo em si. Particularmente, na vertente de justiça socioambiental, busca-se resolver problemas relacionados à QSC a partir do planejamento e da implementação de ações sociopolíticas, além da promoção de ativismo individual ou coletivo (Bencze *et al.*, 2018; Bencze; Alsop, 2014; Hodson, 2011). Contudo, quando não possuem esse compromisso com a educação crítica, algumas propostas CTS podem

> Enfatizar um modelo de tomada de decisão tecnocrática em relação a custos e benefícios, as quais enfatizam muito mais passos racionais na tomada de decisão do que desenvolvimento de valores para ação responsável que seria requerido em uma perspectiva humanística na visão freiriana (Santos; Mortimer, 2001, p. 13).

Os objetivos do ensino nessas duas perspectivas são semelhantes, no entanto, a perspectiva freiriana permite o alcance de habilidades mais complexas, sem necessariamente envolver relações CTSA. Os objetivos de ensino, na perspectiva freiriana, focam a formação

humana, crítica, libertadora, provocando esperança, sendo contra o fatalismo desesperançoso que faz os homens e mulheres desconhecerem a capacidade e o poder que têm em transformar a realidade por meio da sua força de trabalho. No trabalho com QSC e CTSA, de um modo geral, os objetivos de ensino estão voltados para a formação cidadã e para a compreensão crítica da ciência e da tecnologia e de seus impactos na sociedade e no ambiente (Pedretti; Nazir, 2010). Ambas as abordagens possuem a preocupação com a formação crítica e cidadã, mas Freire avança na perspectiva humanística, esperançosa, a qual deve estar presente nas práticas de ensino, para que os(as) oprimidos(as) se sintam capazes de dizer a sua palavra. Na perspectiva freiriana, os delineamentos dos objetivos de ensino são realizados junto com a comunidade e legitimados por ela, enquanto na perspectiva CTSA, esses objetivos podem ser organizados por professores e alunos, sem necessariamente envolver a vivência na qual determinado problema surgiu.

Paulo Freire defende que o ensino enfatiza a dialogicidade e a problematização que ultrapassem a educação bancária[4]. A dialogicidade é entendida como pensar crítico, no qual o indivíduo questiona a sua posição enquanto membro da sociedade, que possui direitos e deveres e que, portanto, deve posicionar-se a todo o tempo diante da ordem política e ideológica que lhe é posta (Santos, 2008). O diálogo, na perspectiva freiriana, é aspecto central no processo formativo, uma vez que as questões vão surgindo no contato com os(as) educandos(as), a partir de suas falas, inquietações e vivências. No trabalho com QSC e CTSA, geralmente, o diálogo é sistematizado, partindo de objetivos

4 Paulo Freire usava a expressão "educação bancária" para indicar aquela educação em que os conteúdos são transmitidos do(a) educador(a) ao(à) educando(a) de forma fragmentada, apresentando uma realidade estática aos(às) estudantes, de forma alienante, inibindo a força transformadora da educação. Na educação bancária, o saber passa de quem sabe para quem é julgado nada saber, sendo uma manifestação instrumental da ideologia da opressão pela absolutização da ignorância (Freire, 1970).

definidos previamente a partir da questão sociocientífica estudada. Contudo, a própria escolha da QSC pode partir dos estudantes, se estes já tiverem familiaridade com o trabalho nessa abordagem (Hodson, 2013, 2018).

Quanto à aprendizagem dos conteúdos, a perspectiva freiriana valoriza a aprendizagem de saberes sistematizados a partir do contexto local, atrelada à análise crítica de como funciona a sociedade. Assim, o conteúdo surge a partir das problematizações sobre o tema. Segundo Freire (1995, p. 23),

> O educador progressista deve defender o direito que os/as alunos/as das classes oprimidas têm de saber, igualmente aos demais estudantes, a matemática, a física e a biologia, sendo que esse conhecimento não deve ser construído alheio à análise crítica de como funciona a sociedade.

Observa-se ainda, nessa perspectiva, a necessidade de se confrontar os saberes existenciais com o conhecimento sistematizado, os considerando como diferentes, porém complementares. Por ser uma prática essencialmente dialógica, aqui, a aprendizagem dos conteúdos não se estabelece sem antes o professor acessar os conhecimentos prévios dos(as) alunos(as), os(as) quais devem ser confrontados(as) com as novas aprendizagens e questionamentos. Nessa perspectiva, ainda, os conteúdos são subordinados aos temas geradores e são selecionados para compreender os temas geradores e para superá-los. A partir da problematização dos conteúdos que emergem dos temas geradores, os alunos podem repensar o mundo. No trabalho com QSC e CTSA, os conteúdos inicialmente envolvem questões de natureza da ciência e da tecnologia, de linguagem científica, de valores e interesses no desenvolvimento científico e tecnológico, além de conexões do conteúdo científico com aspectos sociais, históricos, políticos, econômicos e culturais (Pedretti; Nazir, 2010).

No que se refere a aspectos relacionados à didática empregada para a aprendizagem de conceitos, em cada abordagem, acreditamos que a aprendizagem de conteúdos na perspectiva freiriana atende a

ideais construtivistas. Corresponde a uma didática não autoritária em que o(a) aluno(a) é ativo(a) nos processos de busca e construção do conhecimento. Algumas abordagens de ensino com base em QSC e CTSA têm utilizado as dimensões CPA dos conteúdos (Andrade, 2016, 2020; Conrado, 2017, 2018; Conrado; Nunes-Neto, 2018; Paiva, 2019, dentre outros). A tipologia dos conteúdos é proposta por Zabala e Arnau (2010), os quais apresentam uma concepção mais ampla de conteúdos, na medida em que a aprendizagem destes envolve aspectos cognitivos, sociais e comportamentais, no sentido de desenvolvimento de atitudes e valores. Nessa perspectiva, o(a) aluno(a) é também sujeito construtor de conhecimento. Atualmente, vivenciamos a necessidade de incluir, nos objetivos da alfabetização científica, aspectos relativos ao desenvolvimento de valores e normas, uma vez que, valores particulares estão presentes no campo da ciência em sua interação com a sociedade. As dimensões CPA, conforme Reis (2014), são necessárias para a formação de conhecimentos e atitudes para a vida. Utilizamos as dimensões CPA como forma de organizar os objetivos de aprendizagem, entendendo que os objetivos da escola e do currículo de Ciências devem estar além das necessidades do mercado de trabalho, mas focando no desenvolvimento de habilidades para uma formação para a sua libertação.

Conforme esses autores, precisamos discutir, nas aulas de Ciências, temas relevantes em uma abordagem integral que mova os(as) estudantes para uma tomada de posição quanto aos problemas que eles(as) vivenciam na atualidade. Por exemplo, os problemas relacionados ao uso de agrotóxicos, dengue, desmatamento, ausência de saneamento básico, entre outros, estão envoltos por uma série de questões que interferem vida cotidiana do cidadão e, por isso, requerem um posicionamento ético e moral; portanto, levar em conta a formação de valores em sala de aula é imprescindível. Para isso, é preciso avançar em relação ao significado de currículo, bem como em relação à dicotomias na relação teoria e prática, em direção a propostas de ensino participativas e engajadas, capazes de questionar modelos de

decisões tecnocráticos, a supostas neutralidades e o modelo linear de desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Quanto à relação entre teoria e prática, a pedagogia freiriana adota, por meio dos seus pressupostos teóricos e metodológicos, o conceito de *práxis*, que significa compreender e intervir na realidade na busca pela construção de identidades capazes de superar as contradições no seu dia a dia, através do exercício da reflexão-ação. "O termo práxis surgiu na teoria crítica em contraposição à concepção de teoria-prática, dicotomizada e alienante, propagada pelas teorias behavioristas" (Souza; Chapani, 2013, p. 128). Freire (1987) utilizou esse termo para caracterizar a ação dos homens e mulheres críticos diante do seu contexto. Essa ação crítica sobre o mundo se constrói em cada indivíduo de maneira particular, diante dos problemas enfrentados em sua realidade, devendo implicar em atuação crítica sobre ela. Freire, em *Pedagogia do oprimido* (1970), apresenta diversas adjetivações para a práxis, a saber: práxis libertadora, autêntica, revolucionária e verdadeira. Na busca pela compreensão do termo "práxis", constatamos, a partir das palavras do educador, que Freire está relacionado com a palavra viva e dinâmica, a qual denuncia e transforma o mundo, já que, através de uma práxis verdadeira, os homens e mulheres superam o estado de objetos, como dominados(as), e assumem sujeitos, construtor(es) da sua história, superando as condições de alienação, fatalismos e determinismos que negam a humanização.

O pensamento de Freire "remete à práxis com um sentido de atividade questionadora, sugestiva, crítica e também prática" (Carvalho; Pio, 2017, p. 434), pois visualiza a libertação não somente na abstração, mas em sua objetivação, nas transformações dos homens com a realidade. A busca pela práxis deve ser feita sempre com o povo e não pelo povo, assim como o ensino deve ser feito de A com B e não de A para B, pois é superando as condições de opressão que se dá início à libertação.

No trabalho com QSC e CTSA, a relação entre teoria e prática se estabelece na intervenção na realidade por meio de ações previamente planejadas, por exemplo, caminhada, construção de hortas, campanhas, blogs etc., considerando que essas ações não são puro ativismo,

mas um processo realizado a partir da consciência, para que seja libertador (Alsop; Bencze, 2014; Hodson, 2011, 2018). Nesse sentido, é um processo que surge da relação homem-mundo, do reconhecimento das condições de opressão. A práxis, nesse contexto, dá-se por um processo de libertação dos homens, sua humanização, mas também pelo enfrentamento e tentativas de superação de mitos relacionados à ciência e tecnologia, bem como pela necessidade de solucionar os problemas nas relações entre CTSA (Bazzo, 2016; Santos, 2018).

Na perspectiva freiriana, a prática pedagógica visa à autonomia dos(as) educandos(as) com relação ao sistema capitalista neoliberal, provocando-os(as) para que busquem superar as limitações que encontram na realidade, como seres críticos, reflexivos, humildes, tolerantes, comprometidos e rigorosos. Na abordagem de QSC e CTSA, no contexto da educação formal, a prática pedagógica visa à autonomia dos(as) educandos(as), ao desenvolver tarefas e atividades propostas pelo(a) professor(a), com a expectativa de que o aprendizado tenha repercussão nas atitudes cotidianas perante os desafios no enfrentamento de questões que relacionam os domínios CTSA, buscando formas de atingir maior justiça socioambiental (Bencze *et al.*, 2018; Hodson, 2018; Roth, 2014).

É importante salientar que as ideias de Freire (1967) são centradas nas relações de opressão características do sistema capitalista. Por outro lado, o foco geral da educação CTSA é superar o processo de dominação atual da ideologia salvacionista, veiculada pela tecnologia, "que impõe valores culturais e oferece riscos à vida humana" (Santos, 2007, p. 8), impulsionada pela política capitalista neoliberal (Santos; Mortimer, 2002). Particularmente, na vertente de justiça socioambiental, o foco é formar ativistas, capazes de tomada de decisão responsável, visando transformar a sociedade e um maior bem-estar para indivíduos, sociedades e ambientes (Bencze *et al.*, 2018).

Os ideais freirianos nos permitem questionar também o salvacionismo da ciência e da tecnologia, por exemplo, ao defenderem a importância do conhecimento empírico dos(as) agricultores(as), os(as) quais, em sua perspectiva, devem ser a base para qualquer

transformação do ambiente em que eles(as) estão inseridos(as), problematizando-o com o objetivo de construir novas percepções sobre a realidade, considerando outras cosmologias na produção do conhecimento (Fernandes; Marques, 2009). As ideias desse pensador nos ajudam a questionar também visões deformadas do trabalho científico e do(a) cientista, tirando as ciências do pedestal epistemológico em prol do diálogo com outras fontes de saber.

A perspectiva humanística de Paulo Freire se constitui como um referencial para pensarmos a educação CTSA, compartilhando com ela objetivos que conferem ao ensino de Ciências um caráter político, reflexivo e crítico, tendo em vista que existe hoje a necessidade de mentes que sejam capazes de analisar os benefícios e malefícios trazidos pela ciência e tecnologia na sociedade e no ambiente. Segundo Nascimento e Von Linsingen (2006, p. 97), existem três pontos de convergência entre o pensamento de Paulo Freire e a perspectiva CTS, e são eles:

> (1) a abordagem temática e a seleção de conteúdos e materiais didáticos, buscando aproximar da realidade dos/as educandos/as; (2) a perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico, permitindo a geração de pontes entre os conhecimentos das diferentes áreas disciplinares; e (3) o papel do/a educador (a) no processo de ensino e aprendizagem e na formação para o exercício da cidadania.

Assim, o(a) professor(a) é catalisador(a) do processo educativo, deixando de ter uma postura de autoridade. Vale ressaltar que, embora a abordagem temática seja comum a essas duas perspectivas teóricas, os temas têm ponto de partida diferentes, conforme já foi explicitado. Para Santos (2008, p. 16),

> A perspectiva freiriana e a educação CTS divergem, uma vez que, para Freire, os temas são fontes de conscientização para a transformação do contexto de exploração em uma perspectiva libertadora. Enquanto Freire (1970) se concentra em uma visão humanística das condições existenciais, o movimento CTS, na sua visão clássica, está centrado nas questões

ambientais e no desenvolvimento de habilidades para a argumentação e a participação.

Além disso, Paulo Freire foca a formação humanística, tendo sempre como ponto de partida a realidade dos(as) alunos(as), a sua autonomia, evocando empatia e afetividade em sua prática educativa. Na perspectiva freiriana, a busca por temas é pautada na identificação de situações-limite vivenciadas pelos educandos, o que envolve uma dimensão afetiva na aproximação com a questão a ser estudada, que pode ajudar no engajamento e envolvimento dos(as) estudantes frente ao problema.

Muitas vezes, o uso de QSC na perspectiva CTSA, de um modo geral, busca a compreensão, a argumentação sobre e a resolução de um problema, mas de um ponto de vista analítico, científico, e situado no contexto da aprendizagem escolar. Freire também tem um olhar analítico, mas no sentido de compreender o problema na realidade daquelas pessoas, para aquelas pessoas, buscando desenvolver estratégias pedagógicas bem associadas àquela realidade. Nessa perspectiva, até a busca por temas geradores difere, no sentido de que, para Freire, é importante emancipar os sujeitos, a partir das mais variadas situações de contradição e negação da dignidade humana, enquanto no trabalho com QSC, busca-se primeiramente a controvérsia envolvida em um tema, que é uma contradição, mas que preconize a relação com a ciência e tecnologia e seu impacto na sociedade.

Enquanto a perspectiva freiriana trabalha com temas que têm como ponto de partida a comunidade, o foco na escola é comum do trabalho com QSC na perspectiva CTSA, uma vez que a grande maioria dos trabalhos analisados são realizados nas escolas, a partir de temas que podem tanto surgir na mídia local ou global. No entanto, nada impede que QSC sejam trabalhadas em ambientes não formais. A perspectiva freiriana pode ser trabalhada tanto no âmbito escolar quanto nos ambientes não formais de aprendizagem. Para Almeida (2018), todo tema gerador é um tema CTS, visto que estará vinculado a aspectos da Sociedade, da Ciência e da Tecnologia a partir de algum grau de

aprofundamento, tendo em vista as condições socioambientais atuais. "Entretanto, nem todo Tema CTS é um Tema Gerador, uma vez que é preciso realizar o processo de investigação temática para identificação de situações-limite" (Almeida, 2018, p. 97). Assim, as QSCs podem ser temas geradores, desde que passem pelo processo de investigação temática para identificação de situações-limite.

Para o educador Paulo Freire, os homens precisam assumir uma postura ativa no processo de investigação temática para aprofundarem a sua tomada de consciência em torno da realidade e, explicitando sua temática significativa, apropriarem-se dela (Freire, 1986). A busca por temas geradores, nessa perspectiva, necessita de um olhar carismático e atencioso do(a) pesquisador(a) com a comunidade, buscando constatar as situações-limite vivenciadas pelos indivíduos. No trabalho a partir de QSC, a busca pelas questões pode ser realizada pela observação da realidade local ou global, com a ajuda da mídia e de outros meios de comunicação (Conrado; Nunes-Neto, 2018; Martínez-Pérez, 2012; Paiva, 2019), não necessitando, portanto, do olhar atento para a realidade existencial, bem como para as significações que possam ter aquele problema para os indivíduos que o vivenciam. Essas questões podem ser alicerçadas por noções científicas, mas a maioria delas não envolve explicitamente um processo íntimo de contato prévio com a comunidade que vivencia determinado problema. Nesse sentido, não atende aos critérios freirianos de constatação junto com a comunidade, por meio do olhar atento, dos problemas vivenciados na realidade existencial. Contudo, por se tratar de questões que, de algum modo, afetam a sociedade, geralmente a realidade existencial dos(as) alunos(as) poderá ser acessada e discutida, no contexto da QSC analisada, sobretudo quando se almeja a discussão e o planejamento de ações sociopolíticas para transformação do contexto local (Santos, 2009).

Nesse panorama, segundo Auler (2002), os mitos relacionados à ciência e à tecnologia podem ser vistos como "situações-limite", já que estas são entendidas como barreiras ao desenvolvimento da compreensão crítica das relações CTSA, dando lugar a uma compreensão ingênua da ciência e da realidade. Os mitos ajudam na construção de

atitudes fatalistas diante das produções da ciência e tecnologia, vendo-a como essencial para o progresso, irreversível, dificultando a participação pública nas decisões que as envolvem.

Nessa perspectiva, a convergência entre a abordagem CTSA, a investigação temática e o uso de QSC representa, ainda, uma maneira de identificar demandas locais. Essa é uma reinvindicação do Pensamento Latino-americano de CTSA (Placts) (Auler; Delizoicov, 2015). Segundo Dagnino (2010), esse foi um movimento que surgiu a partir de demandas externas, que defendia que países subdesenvolvidos se apropriassem, sem maiores reflexões, das tecnologias de outros países. Assim, Herrera (2003) ressalta que essa apropriação poderia implicar em tecnologias importantes ao seu contexto de origem, mas não necessariamente para quem a importava. "A importação de tecnologia acarreta na importação de cultura, visto que determinado desenvolvimento de ciência e tecnologia refletiria as necessidades e a cultura daquele contexto" (Roso, 2012, p. 3). Com isso, a principal reinvindicação do Placts tem sido quanto à relevância para o contexto brasileiro das pesquisas realizadas. Observa-se, portanto, conforme nos alertam Auler e Delizoicov (2015), a não neutralidade da ciência, uma vez que, historicamente, demandas socialmente importantes, mas que não beneficiam uma elite socioeconômica, não foram consideradas como pertinentes nas agendas de pesquisa. Isso pode ajudar a explicar, por exemplo, alguns dos motivos pelos quais não temos soluções para doenças endêmicas como a doença de Chagas, a cura para o vírus da imunodeficiência humana e o ebola, as quais são historicamente negligenciadas.

Para Auler e Delizoicov (2015, p. 287), "[...] a pesquisa no contexto da América Latina é de qualidade, mas de relevância social questionável para o enfrentamento de situações contraditórias presentes nessa sociedade". Com isso, os autores defendem a participação pública na ciência para que mais vozes sejam ouvidas e os problemas de origem social relegados sejam considerados pelas pesquisas em ciência e tecnologia. Nesse panorama, as demandas entre Placts e Paulo Freire quanto à solução de problemas locais coadunam no sentido de buscar

romper com a não neutralidade existente na escolha de demandas de pesquisa. Dagnino (2010, p. 297) critica a atual lógica de definição da agenda de pesquisa "[...] auto-referenciada, na qual a comunidade de pesquisa não pergunta a outros/as atores/atrizes sociais o que cabe a ela pesquisar [...] o que se observa é que essa agenda é pautada pela agenda dos países centrais, que a direcionam a partir de suas realidades". O trabalho com os temas geradores de Paulo Freire, nesse contexto, representa uma maneira de abordar as relações CTSA a partir de QSC locais, de demandas da localidade. Essa tríade tende a contribuir com a construção de uma agenda de pesquisa que atenda a interesses do contexto brasileiro, contribuindo com a formação de cidadãos(ãs) comprometidos com os problemas locais, suas contradições, que envolvem aspectos sociais e científicos, tendo em vista o seu enfrentamento.

Entendemos que as QSCs não são contradições sociais, tal como Freire as define, mas podemos considerar que ambas são complementares. Para Freire (1967), as contradições sociais envolvem aspectos relacionados às desigualdades enfrentadas por diferentes grupos, ao acesso a uma educação de qualidade, à divisão da sociedade entre proletariado e burguesia, ou seja, à própria estruturação da sociedade, que nega a muitos indivíduos o direito à liberdade. Portanto, as contradições estudadas, evidenciadas e criticadas pelo autor têm como centro os homens e mulheres na relação com o mundo. No trabalho com QSC e CTSA, na vertente de justiça socioambiental, as contradições analisadas envolvem aspectos relacionados a questões éticas e controversas que envolvem os temas científicos e tecnológicos e seus desdobramentos na sociedade, aspectos relacionados à natureza da ciência, relações de poder que envolvem as agendas de pesquisa ligadas a ciência e tecnologia, e a interesses particulares que envolvem o trabalho científico, dentro do sistema capitalista neoliberal (Bencze *et al.*, 2018; Hodson, 2018; Martínez-Pérez, 2012; Reis, 2013). Assim, as QSCs abarcam dimensões para além da sociedade, mas ao mesmo tempo se preocupa com contradições que se alicerçam, se desenvolvem e geram consequências para os indivíduos que vivem na sociedade. As contradições estudadas por essas perspectivas poderiam ser vistas como complementares, no

sentido de ampliar as possibilidades de construção de pensamento crítico diante das necessidades do atual contexto sociocientífico, político e ambiental, bem como pelas relações mútuas entre CTSA, gerando, por exemplo, episódios de injustiça socioambiental, ou ainda, um acesso desigual às produções científicas e tecnológicas.

Esse esforço inicial para a sistematização das convergências e divergências entre as duas perspectivas, sistematizadas no quadro a seguir, ao mesmo tempo em que significa uma possibilidade de utilização da pedagogia freiriana, por meio de uma proposta metodológica para a formação de professores(as) de Ciências que incorpora diversos de seus pressupostos, busca contribuir para a construção de um modelo teórico de abordagem de QSC que dê centralidade às dimensões existencial e política na formação crítica. Tendo em vista as diferentes tendências da educação CTSA que fundamentam os arcabouços teóricos relacionados às QSC, reconhecemos a necessidade de deixar claro qual corrente é mais coerente com a nossa perspectiva, e quais foram utilizadas para elaborar o quadro comparativo que se segue. Nesse sentido, apesar de acreditarmos que nosso trabalho com as QSCs contempla as correntes centrada em valores, sociocultural e justiça socioambiental (Pedretti; Nazir, 2010), aqui nós direcionamos as discussões para a vertente da justiça socioambiental, por ter como uma de suas bases a educação crítica. Essa perspectiva parte do princípio de que a educação científica pode formar ativistas capazes de lutar por seus direitos, por uma sociedade mais justa, com interesse na conservação da biosfera (Pedretti; Nazir, 2010).

Quadro 4 – Critérios de convergências e divergências entre as abordagens freiriana e de QSC na perspectiva CTSA

CRITÉRIOS	ABORDAGEM FREIRIANA	ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS (VERTENTE JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL)
Quanto ao tema	Tema surge das contradições sociais, representam situações-limite.	Tema surge da mídia, podendo ser global ou local, geralmente escolhido pelo(a) professor(a) **(**Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004; Pedretti; Nazir, 2010).
Quanto aos conteúdos das aulas	Os conteúdos são subordinados aos temas geradores; são selecionados para compreender o tema gerador e para superá-lo.	Seleção dos conteúdos a partir do meio global, midiático ou local, geralmente associado ao currículo (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004; Pedretti; Nazir, 2010).
Quanto ao material didático utilizado	Apropriação do material didático como instrumento de apoio para a compreensão do contexto social, cultural e linguístico; podem ser utilizados materiais elaborados a partir das situações existenciais locais, problematizando as relações homem/natureza e homem/mundo.	Uso de textos de divulgação científica, artigos que permitam problematizar relações CTSA. Articulação entre o livro didático e o contexto.
Quanto ao papel do professor	Professor(a) flexível; facilitador(a); animador(a); tem empatia pelos problemas vivenciados pelos(as) estudantes. Professor(a) que não esconde a sua posição política; o papel do(a) professor(a) não se encerra no ensino, é preciso corporificar a palavra, para que seja crítico.	Professor(a) mediador(a) do processo formativo. Sistematizador(a)/sequenciador(a)-diretivo(a). Objetiva a resolução do problema corrente, refletindo sobre as ações (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004). O posicionamento político do(a) aluno(a) é definido pela busca, pela pesquisa e pela tomada de decisão, através das controvérsias.

CRITÉRIOS	ABORDAGEM FREIRIANA	ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS (VERTENTE JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL)
Relações epistemológicas do problema	Compreensão do problema a partir de diferentes áreas do saber. Aqui se estabelece também relações com diferentes áreas da ciência.	Compreensão do problema geralmente a partir de diferentes áreas da ciência. (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004; Pedretti; Nazir, 2010)
Quanto ao objetivo educacional	Formação cidadã, crítica e política. Objetiva a formação humana, libertadora, que acredita na vocação ontológica do homem em ser livre, provocando esperança, contra o fatalismo desesperançoso; "auto-reconhecimento" pela sua força de trabalho.	Formação cidadã, política, compreensão crítica da ciência e de seus impactos na sociedade e no ambiente; e formação de ativistas (Pedretti; Nazir, 2010).
Quanto ao diálogo estabelecido	Diálogo como aspecto central no processo formativo; as questões que se pretende discutir vão surgindo no contato com a realidade, mediante o planejamento do processo de busca do tema gerador.	Diálogo não é central no processo de seleção das QSCs, os temas podem ser escolhidos pelos estudantes, sem relação com a sua realidade existencial (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004; Pedretti; Nazir, 2010).
Quanto à aprendizagem dos conteúdos	Valorização da aprendizagem de saberes sistematizados iniciada a partir do contexto local, se desdobrando para o contexto regional, nacional ou global, atrelado à análise crítica de como funciona a sociedade. Aprendizagem parte da problematização dos temas geradores.	Valorização da aprendizagem de questões sistematizadas a partir do contexto global, local (Conrado, 2017; Zeidler, 2005). Aprendizagem parte da problematização dos temas sociocientíficos locais e globais.

CRITÉRIOS	ABORDAGEM FREIRIANA	ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS (VERTENTE JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL)
Quanto à relação entre teoria e prática	Práxis – compreender e intervir na realidade na busca pela construção de identidades capazes de superar as contradições no seu dia a dia.	Iantervenção na realidade por meios de ações sociopolíticas diretas e indiretas (Hodson, 2011, 2018; Reis, 2013), previamente elaboradas ou desenvolvidas com os estudantes.
Quanto ao desenvolvimento da autonomia	Prática pedagógica que visa autonomia dos(as) educandos(as) com relação ao sistema capitalista, provocando-os(as) para que busquem superar as limitações que encontram na realidade; emancipação; autonomia frente ao currículo prescrito.	Autonomia frente ao currículo disciplinar; aluno(a) ativo(a) nos processos de aprendizagem; emancipação diante da compreensão crítica das relações CTSA (Martínez-Pérez, 2012; Pedretti; Nazir, 2010).
Forma de luta contra o sistema	Luta explícita contra injustiças, o capitalismo e suas formas de opressão dos(as) cidadãos(ãs); Posição contrária à ideologia neoliberal que despolitiza a educação, foca na técnica, foca em interesses do mercado.	Luta contra o Neoliberalismo – política com interesses socioeconômicos por trás da ciência e da tecnologia, que impactam na sociedade e no ambiente; contra injustiças e a favor de novas relações entre homem-natureza (Hodson, 2004).
Compreensão do problema	Visão humanista do problema, visando compreendê-lo na realidade local, regional, global, buscando superá-lo/condicionado historicamente/mutável. Há o estabelecimento de vínculos afetivos.	Visão analítica do problema, buscando compreendê-lo na realidade global, geralmente relacionando com ações na realidade do estudante (Bencze; Alsop, 2009; Hodson, 2004; Pedretti; Nazir, 2011; Reis, 2013).

CRITÉRIOS	ABORDAGEM FREIRIANA	ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS (VERTENTE JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL)
Espaços de formação	Formação na comunidade/ espaços não formais e formais de aprendizagem (ambiente escolar).	Formação sobretudo no ambiente escolar, mas também envolvendo espaços não formais.

Fonte: elaborado pela autora, adaptado de Andrade (2018).

É interessante localizar na pesquisa em Educação em Ciências a forma como estão sendo utilizados os pressupostos de Paulo Freire em materiais didáticos, uma vez que enfrentamos uma polissemia com relação à utilização dessa pedagogia no ensino. Algumas dificuldades têm sido apontadas na literatura quanto à utilização dessa abordagem em sala de aula, como o currículo disciplinar e a ausência, muitas vezes, de tempo e de preparo dos(as) professores(as) para o trabalho nessa perspectiva. Alguns trabalhos que citam a influência freiriana têm adaptado o processo da investigação temática, de acordo com as suas condições didático-pedagógicas (Moraes; Naman; Darsie, 2015; Silva, 2004). Vale ressaltar que, apesar das modificações quanto à ordem da proposta teórico-metodológica de Freire (1987), os trabalhos mantêm a essência das etapas propostas pelo educador, partindo de pressupostos centrais, como o levantamento preliminar, a abordagem dialógica, a interdisciplinaridade e a criticidade. Trabalhos como os de Solino e Gehlen (2014), Sousa (2015), dentre outros, têm empregado a investigação temática com adaptações com relação à proposta apresentada por Freire (1987), bem como têm buscado dialogar/problematizar o uso combinado dessa pedagogia com outras vertentes de pesquisa atuais no ensino de Ciências, como o uso das QSCs e o trabalho por investigação, discutindo aspectos de complementaridade entre as abordagens que podem favorecer processos de ensino e aprendizagem. É importante a definição do que cada uma das abordagens propõe para, a partir disso, traçar aspectos de complementaridade, uma vez que muitas pesquisas utilizam o referencial

freiriano sem o aprofundamento necessário sobre as etapas de investigação temática, de maneira que qualquer processo que envolva o contato do(a) pesquisador(a) e alunos(as) na comunidade/região em que está situada a escola seja definida como investigação preliminar. Por outro lado, não estamos dizendo aqui que somente são válidos trabalhos que façam de maneira similar à proposta original de Freire (1987). Existem propostas que utilizam somente algumas etapas desse processo e que usam o referencial freiriano, conforme supracitado, para balizar as suas ações. Consideramos que o mais importante é que isso seja devidamente justificado, para que fique claro que essa abordagem demanda uma série de procedimentos teórico-metodológicos que precisam ser legitimados na literatura. Assim, nem todo trabalho que utiliza pressupostos da pedagogia freiriana envolve o processo de investigação temática tal como orientou Freire (1987). No entanto, alguns cuidados necessitam ser tomados para evitar a polissemia sinalizada por Fonseca e demais autores (2015) e Torres (2010) no que se refere à expressão "temas geradores". Temas só podem ser assim considerados caso sejam obtidos via processo investigativo, considerando as compreensões de educadores(as) e moradores(as) da comunidade acerca dos problemas sociais que se investiga.

A pedagogia freiriana tem sido utilizada também em trabalhos visando à formação de professores, em geral. Saul e Giovedi (2016) defendem a utilização desse referencial para pesquisar a realidade em uma perspectiva mais democrática, na qual o objeto é a prática social do sujeito, sendo que, em seu trabalho, utilizaram as seguintes etapas: a) leitura da realidade (problematização das práticas profissionais vivenciadas pelos(as) participantes da pesquisa); b) análise crítica da realidade (caracterização de temas geradores e criação/desenvolvimento de atividades para compreensão crítica da realidade); c) elaboração de propostas de ação (elaboração/desenvolvimento de propostas de ação com a intenção de superar as situações-limite identificadas pelos(as) participantes). Segundo os autores, a pesquisa mostrou resultados importantes, como a ampliação da concepção dos(as) envolvidos(as) sobre pressupostos da abordagem freiriana, sistemati-

zação de uma proposta crítico-libertadora e identificação de dificuldades do uso dessa abordagem em sala de aula.

Nesse sentido, Strieder e demais autores (2011, p. 9) apontam que, "[...] embora a Abordagem Temática tenha sido proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), baseada em Freire, ela não se centra, exclusivamente, na perspectiva freiriana, podendo abarcar várias outras abordagens de ensino, a exemplo das propostas CTS". Solino e Gehlen (2014), ao analisarem aproximações entre a Abordagem Temática freiriana e a perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação constataram que a problematização freiriana contribui para estruturar todo o processo didático-pedagógico, possibilitando a seleção de temáticas relevantes para a escola. "Ao se selecionar a situação problemática a partir de uma contradição social vivenciada pelos/as estudantes, as atividades didático-pedagógicas podem ser organizadas de modo a auxiliarem os/as alunos/as na compreensão do problema em estudo" (Solino; Ghelen, 2014, p. 912). Silva e Ghelen (2016, p. 166), ao verificarem a compreensão de professores(as) sobre o tema gerador no processo de investigação temática, constataram que a pesquisa evidenciou "[...] a possibilidade de repensar a perspectiva educacional freiriana considerando algumas particularidades do espaço-tempo no contexto escolar". A intervenção possibilitou, ainda, o desenvolvimento de um processo formativo baseado na práxis, aspecto fundante da pedagogia freiriana. Para os professores, existe um processo investigativo que possibilita o alcance de temas geradores, os quais devem ser legitimados a partir da realidade existencial.

> Entretanto, não houveram indicativos suficientes de que eles tenham compreendido que a obtenção de Temas Geradores se dá por meio da legitimação de hipóteses de situações-limite na comunidade ou com representantes dela. Este aspecto merece destaque porque os professores podem ter interpretado que a simples constatação de problemas sociais identifica e legitima um Tema Gerador (Silva; Ghelen, 2016, p. 166).

Furlan e demais autores (2011), referenciados nas propostas político-pedagógicas de Paulo Freire, apresentaram a possibilidade de um currículo que objetiva a transformação da realidade, tendo em vista o alcance de maior igualdade social, a partir de uma experiência pautada na investigação temática via tema gerador proposta por Freire (1987) e na rede temática freiriana proposta por Silva (2004). Nessa pesquisa, foi possível a construção de uma proposta problematizadora a partir do tema "lixo" e das questões éticas envolvendo essa problemática, como o consumismo, aspectos culturais que envolvem a definição de lixo, o acesso aos alimentos por diferentes grupos sociais, a fim de perceber contradições existentes na sociedade, permitindo abordagem de conteúdos de Ciências Naturais. A pesquisa indicou, ainda, que a "[...] forma diferenciada de trabalho proposta por essa abordagem revelou a dificuldade dos/as educandos/as em expressar suas opiniões pessoais e pensamentos reflexivos durante o desenvolvimento das atividades" (Furlan *et al.*, 2011, p. 11). Assim, percebe-se que várias têm sido as releituras e contribuições feitas a partir do referencial freiriano, refletindo em materiais didáticos cada vez mais capazes de despertar nos(nas) estudantes o espírito crítico e participativo, de acordo com as condições pedagógicas existentes.

Novais e demais autores (2017), em trabalho realizado com o processo de redução temática a partir do tema "lixo", constituíram vias de problematização junto às professoras no que se refere ao contato com uma organização curricular baseada em temas. Os mesmos autores esclarecem ainda que

> A primeira fase da Redução Temática consistiu no agrupamento de falas significativas, de alunos e moradores, em torno de possíveis soluções que os alunos e a comunidade local apresentavam para o descarte do lixo no meio rural, bem como as suas implicações para os animais, rio, ser humano e o solo. Constatou-se que é por meio deste que a organização didático-pedagógica se concretiza de forma participativa e democrática envolvendo a articulação entre a multiplicida-

> de de vozes imersas na realidade investigada e os conhecimentos científicos (Novais *et al.*, 2017, p. 99).

Nesse sentido, apesar da complexidade que abarca o trabalho pedagógico nessa perspectiva, é imprescindível esse tipo de abordagem junto à comunidade para que se possa alcançar a compreensão ampla dos problemas. Faz-se necessário ainda encontrar meios que diminuam o grau de complexidade dessa estruturação curricular, bem como estabelecer trabalhos colaborativos entre universidade, escola e comunidade, buscando superar os obstáculos e encontrar caminhos para a concretização de uma educação mais humana e crítica (Novais *et al.*, 2017).

Os pressupostos teóricos de Paulo Freire também têm sido utilizados em consonância com a perspectiva CTSA por diversos autores no ensino de Ciências (Andrade, 2018; Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009; Muenchen; Auler, 2013; Nascimento; Von Lisingen, 2006; Santos, 2009; Sousa, 2015), dentre outros trabalhos. A maioria dos trabalhos tem apontado para resultados promissores no que diz respeito à formação interdisciplinar, crítica e participativa e à argumentação em sala de aula. Muenchen e Auler (2013, p. 13) apontam como dificuldades da implementação dessa abordagem em sala de aula aspectos como:

> a) o reducionismo metodológico, relacionado à atribuição ao/à professor (a) do papel de 'vencer programas' b) o trabalho interdisciplinar; c) a suposta resistência dos/as alunos à abordagem temática e d) o desenvolvimento de temas polêmicos, que envolvem conflitos/contradições locais.

Ainda nesse sentido, Menezes (2016) buscou articular o referencial freiriano no ensino de Ciências para a educação infantil, com o intuito de desenvolver uma prática de ensino voltada para a formação de valores que estimulasse a cooperação, a autonomia e a formação de sujeitos críticos e criativos.

> Desta forma, nos reportamos ao referencial freiriano, no intuito de desenvolver uma metodologia que norteasse todo o processo de investigação e de uma intervenção que favorecesse uma educação científica de qualidade já na Educação Infantil, possibilitando a compreensão das crianças acerca de conceitos científicos, dos impactos resultantes do desenvolvimento da C&T no mundo atual e auxiliando-as na tomada de decisões enquanto sujeitos históricos e de direitos (Menezes, 2016, p. 180).

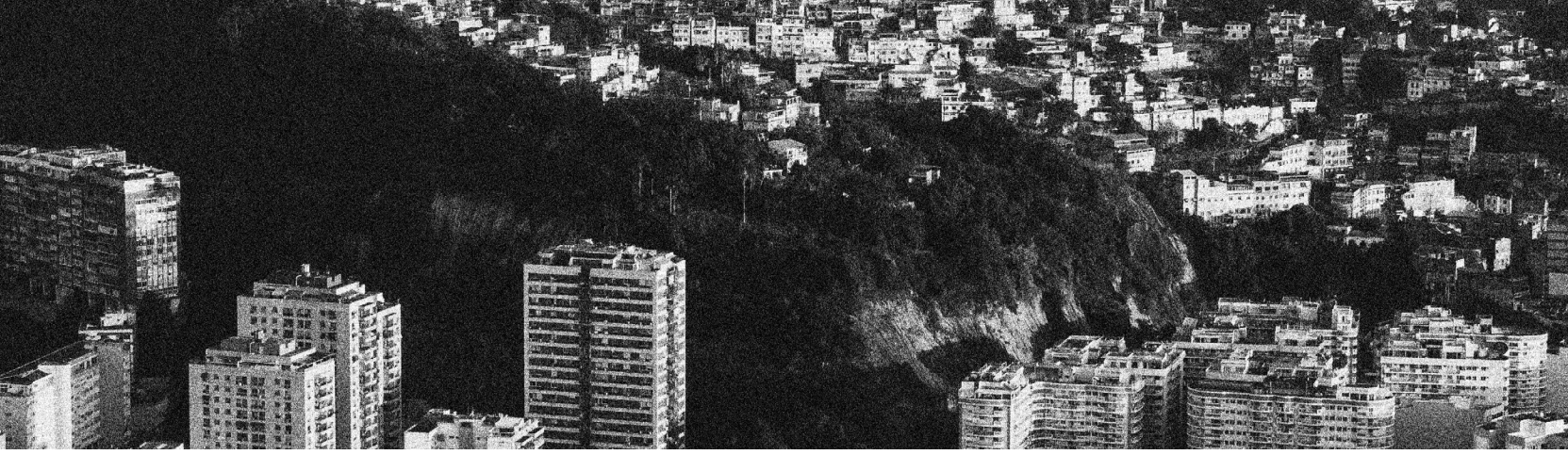
A autora conseguiu atingir critérios considerados essenciais para o alcance de uma educação científica autêntica, desenvolver noções científicas, adaptando o método de Paulo Freire para a educação infantil. Depois da escolha do tema gerador – "animais" – pelas crianças, foi criada uma Sequência Didática (SD) pautada nos pressupostos freirianos de problematização e dialogização, bem como os círculos de cultura ou rodas de conversa para facilitar os processos de ensino e aprendizagem. Assim, a pesquisa não utilizou a investigação temática, mas uma abordagem temática, adotando pressupostos da pedagogia freiriana para a identificação, construção e aplicação da SD, apresentando com isso, resultados considerados satisfatórios, ao considerar uma alfabetização científica autêntica. Epoglou e Marcondes (2019) analisaram a incorporação de pressupostos da pedagogia freiriana na elaboração de SDs por professores(as) de Ciências Naturais em formação e constatou que foram mobilizadores de reflexões e "[...] conceitos provenientes da obra de Paulo Freire, como autonomia, engajamento e vocação ontológica do ser humano em ser mais, bem como aspectos da elaboração do conhecimento científico e tecnológico" (Epoglou; Marcondes, 2019, p. 13).

> Os resultados mostraram que nem sempre as participantes conseguiam incorporar uma perspectiva crítica nas aulas de Ciências. Vários aspectos foram elencados, como suas concepções sobre a natureza da ciência tais como a neutralidade, incontestabilidade e imutabilidade do conhecimento científico. As discussões no grupo, bem como as atividades

> realizadas ao longo do curso de formação continuada contribuíram para que as participantes passassem a considerar as Ciências Naturais como parte integrante da vida das pessoas e como resultante de atividades humanas, que apresentam interesses/influências políticas, econômicas e sociais (Epoglou; Marcondes, 2019, p. 226).

Epoglou (2013), em pesquisa realizada utilizando pressupostos freirianos no ensino de Ciências, afirma que, embora os(as) professores(as) concordem com pressupostos freirianos, eles não apontavam como essas ideias poderiam ser implementadas no ensino. No final da pesquisa, pôde-se observar avanços significativos no que tange à abordagem de conteúdos, inclusão de diferentes estratégias metodológicas e visões de ciência. As autoras observaram ainda que os conceitos de *ser mais* e curiosidade epistemológica apareceram de maneira mais pontual nos planejamentos de ensino. Os conceitos de criticidade, autonomia e engajamento demandaram mais preparação dos(as) alunos(as), aparecendo em menor extensão nos planejamentos dos grupos.

Em suma, podemos afirmar, com base nessa análise inicial, a qual necessitará de aprofundamentos em pesquisas posteriores, que o uso de QSC no contexto da educação CTSA e a perspectiva freiriana dialogam em variados aspectos, sendo que essas convergências podem ampliar as possibilidades de enfrentar os desafios do ensino na atualidade, constituindo-se como bases teóricas capazes de fundamentar mudanças significativas no contexto educacional, visando à formação cidadã e científica dos(as) estudantes. A perspectiva freiriana pode contribuir com um viés mais humanista para a formação de professores(as), juntamente com o uso de QSC, por meio da aproximação com a problemática em questão no contexto existencial dos(as) estudantes, contribuindo para a construção de aprendizagens significativas e comprometidas com a realidade. Além disso, o uso de QSC na perspectiva CTSA pode contribuir com um ensino pautado a partir das problematizações das relações mútuas entre CTSA, tão pertinentes ao contexto atual.



O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE PROBLEMAS SOCIO-CIENTÍFICOS

ATRIBUIÇÃO DE SENTIDOS AO MUNDO EXISTENCIAL POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS LOCAIS

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A produção de dados foi realizada entre setembro de 2017 a dezembro de 2019 no curso de Pedagogia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na disciplina Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais, a qual possui uma carga horária de 85 horas, sendo 34 horas de prática e 52 horas de teoria, tendo como participantes 55 licenciandos(as).

Em consonância com o contexto e com os objetivos de pesquisa, partimos do princípio de que toda pesquisa envolve uma visão de mundo que define a forma como o percebemos e como nos posicionamos nele. Assim, acreditamos que o paradigma que apresenta maior aproximação teórica com o nosso objetivo de pesquisa e os resultados esperados é a teoria crítica, na medida em que defende que a pesquisa em geral deve se preocupar com o papel das ideologias dominantes, das relações de poder e das desigualdades reproduzidas na sociedade e legitimadas pelos aparelhos ideológicos do estado, sendo que o estudo crítico das relações CTSA, a partir de QSCs, com base na pedagogia freiriana, pode explicitar, questionar e desconstruir os efeitos negativos das ideologias dominantes.

Atualmente, o município de Amargosa vem sofrendo com o surgimento e o agravamento de problemas socioambientais, como o desmatamento – impulsionado historicamente pela produção cafeeira –, a falta de água em determinadas regiões da cidade, a falta de saneamento básico em muitos locais, a poluição das águas e dos alimentos pelo uso de agrotóxicos, a proliferação de escorpiões, dentre outros problemas. Como pesquisadora, percebi, portanto, a necessidade de

construir uma agenda de estudos, na disciplina Ensino de Ciências Naturais, voltada para a compreensão e a busca de solução de problemas socioambientais locais, tornando a atividade docente e a aprendizagem em Ciências mais significativa e crítica.

A turma, que continha 55 licenciandos(as), foi dividida em grupos, para operacionalizar o processo de construção das SDs. A sala foi dividida, então, em 12 grupos de trabalho. A turma estava no quarto e quinto períodos do curso. Os *scripts*, as falas e outros materiais analisados neste livro foram produzidos na turma referente ao semestre 2017.2. Outros dados foram produzidos durante os semestres 2018.1, 2018.2, 2019.1 e 2019.2. Em seguida, os grupos foram orientados a ir a campo realizar o trabalho de identificação das QSC que iriam abordar na disciplina. As orientações fornecidas antes da ida a campo foram concernentes ao uso do roteiro de identificação e caracterização de problema local na comunidade, previamente elaborado pela pesquisadora. Nesse roteiro, os(as) estudantes descreviam aspectos problemáticos da comunidade, as características que configuravam esses aspectos como um problema sociocientífico, se o problema era controverso, ou seja, se envolvia diferentes opiniões, se o problema tinha relação com ciência e tecnologia, com ensino de Ciências Naturais e com outras disciplinas escolares e se o problema encontrado gerava impactos na sociedade. Considerando que estávamos procurando uma QSC na comunidade local, esses critérios precisavam ser atendidos. Em seguida, no mesmo roteiro, os(as) estudantes foram orientados(as) a entrevistarem as pessoas da comunidade, buscando saber se aquelas pessoas também percebiam o tema como um problema, se todos são prejudicados igualmente pelo problema e quem são os culpados por ele. Esse exercício prático de observar a realidade e a partir dela construir a possibilidade de contextualizar e problematizar o ensino de Ciências Naturais é importante nos processos de ensino e aprendizagem crítico, já que confere ao(à) estudante o papel de pesquisador epistemologicamente implicado com a realidade do seu entorno. A entrevista com os moradores da comunidade foi uma maneira de validar e legitimar o conhecimento construído pelos(as) estudantes em

campo, a fim de aprofundar a compreensão das contradições e modos de ver o mundo.

Para que pudéssemos despertar a curiosidade epistemológica dos(as) estudantes, propusemos a busca de problemas sociocientíficos na comunidade local, objetivando a construção de uma aprendizagem motivada, a partir das necessidades culturais encontradas por meio da leitura de mundo realizada pelos grupos de trabalho. Segundo Freire (1986), os temas geradores não podem ser identificados prescindindo dos homens e das mulheres, ou seja, é a partir do olhar dos homens e das mulheres sobre a sua realidade, sobre as condições de vida ali impostas, e sobre as contradições ali existentes, que ocorre a motivação humana para a busca e o desvelamento das realidades. A aproximação com a realidade é atividade essencial para a construção da conscientização que, segundo Freire (1986), significa "tomar posse da realidade", causando a desmitologização das condições vividas pelas pessoas em seus contextos, em um trabalho humanizante, fazendo brotar as possibilidades de questionamentos e mudanças, o que jamais fariam os opressores. Para esse mesmo autor, "por isso mesmo a conscientização é o olhar mais crítico possível da realidade, que a 'des-vela' para conhecê-la e para conhecer os mitos que enganam e que ajudam a manter a realidade da estrutura dominante" (Freire, 1986, p. 29). Nesse panorama, cabe-nos explicitar quais as relações entre os problemas locais e as QSCs. Nesse sentido, nem todo problema local pode ser considerado uma QSC, mas em muitos problemas locais podem ser selecionadas algumas QSCs que, para Ratcliffe e Grace (2003), precisam apresentar aspectos como: afetar direta ou indiretamente os contextos ambientais e sociais, tanto em um âmbito local como global; partir de uma problemática que gere controvérsias e opiniões diversas entre os sujeitos envolvidos nela; ser divulgada nos meios de comunicação e ter fundamentação científica, que pode ser explicada por meio das Ciências Naturais ou de outras ciências. Para além dessas características das QSCs, entende-se que é importante que elas tenham algum sentido e significado para os(as) estudantes (Bonfim *et al.*, 2019). E isso pode ser obtido por meio de um

processo que tenha o potencial de identificar aspectos da realidade da comunidade em que vivem os(as) educandos(as), bem como as situações-limite (Freire, 1987) em que esses(as) se encontram.

Tendo em vista a perspectiva teórica QSC e CTSA utilizada nesta pesquisa, nós estabelecemos que os temas apresentassem as seguintes características: (a) ser um problema controverso, ou seja, que envolvesse diferentes opiniões; (b) ter relação com ciência e tecnologia; (c) ter relação com a disciplina escolar Ciências Naturais; (d) gerar impactos na sociedade, de acordo com a definição de QSC proposta por Ratcliffe e Grace (2003). Buscaremos aqui discutir como aconteceu a aproximação dos(as) estudantes com o contexto, como eles(as) perceberam os problemas, se os consideravam relevantes, complexos, se poderiam fazer relações com Ciências Naturais e com outras áreas do saber.

Diante do exposto, fica claro que buscamos, em certa medida, associar as etapas do processo de investigação temática com a abordagem de QSC na perspectiva CTSA. O processo de investigação temática foi desenvolvido por Freire (1987) e sistematizado por Delizoicov (1982), relacionando as ideias de Freire e de George Snyders, compartilhando os ideais de educação a partir de uma perspectiva crítica e transformadora. Esses estruturam a proposta da abordagem temática freiriana para os contextos formais de ensino em cinco etapas, a saber: i) levantamento preliminar: nessa fase, acontece o levantamento inicial de informações locais da comunidade em que vivem os alunos, na busca por situações que representam todas as situações de contradição social vivenciadas; ii) análise das situações e escolha das codificações: nesta etapa, acontece a escolha de situações-limite, que são definidas como as contradições vividas pela comunidade; iii) diálogos descodificadores: as situações são discutidas e problematizadas com a comunidade, no intuito de legitimar as situações-limite. Se legitimadas, temos o tema gerador; iv) redução temática: nessa etapa, é realizada a escolha dos conteúdos científicos que serão necessários para a compreensão integral do tema; v) sala de aula: desenvolvimento do conteúdo programático elaborado a partir do processo de redução temática.

Tendo em vista o contexto teórico e metodológico da nossa pesquisa, ao delinearmos os nossos objetivos, adequamos o método de investigação temática a partir dos seguintes momentos:

1. Levantamento preliminar: nessa etapa, direcionamos os alunos para a realização do exercício crítico de observar a realidade, por meio do contato direto com a comunidade. Para isso, elaboramos um roteiro contendo 13 questões, as quais os alunos deveriam seguir para buscar identificar problemas locais que tivessem características de uma QSC e, em seguida, os estudantes fizeram entrevistas com moradores(as) da comunidade – crianças, jovens, adultos e idosos(as) –, as quais foram essenciais para observarmos a percepção dos moradores sobre os problemas existentes na comunidade, na tentativa de legitimar esses temas e promover uma abordagem integral e crítica em sala de aula.

2. Análise das controvérsias sociocientíficas: seleção de elementos que revelassem as contradições sociais vivenciadas, bem como controvérsias científicas encontradas na comunidade, ou seja, nessa fase, buscamos compreender de que modo aquele problema se apresentava na atualidade e na comunidade; se era visto como um problema por todos ou por uma parcela da sociedade; quem mais sofria com aqueles problemas; se todos tinham a mesma opinião sobre o problema; se era possível resolver aquele problema em escala local. Em sala de aula, buscamos identificar, a partir dos dados coletados em campo com a comunidade, as situações que revelavam contradições, situações-limite relacionadas a ciência e tecnologia, buscando então legitimar cada uma dessas situações enquanto um tema gerador sociocientífico.

É importante ressaltar que o envolvimento dos alunos, durante o trabalho com as QSCs encontradas na comunidade, deveu-se em parte à legitimidade que estas possuem, uma vez que, o trabalho não partiu de qualquer tema, mas de um tema gerador sociocientífico. No entanto, para que uma QSC seja considerada um tema gerador, seria preciso que ela passasse pelo processo de investigação temática, conforme orienta Freire, o que consideramos ter sido feito, uma vez que,

os problemas foram legitimados na/pela comunidade. Ao fazer a aproximação com a realidade existencial, encontramos as falas abaixo, as quais ilustram a percepção de alguns(as) moradores(as) entrevistados(as) sobre os problemas encontrados na comunidade, como a falta de água e saneamento básico, apresentando uma visão acomodada ou fatalista sobre a realidade.

> *A água que nós temos é essa para beber, creio que não deve fazer mal (Entrevistado A).*
>
> *O lixo fica na esquina o tempo todo, isso não vai mudar, toda eleição é uma promessa (Entrevistado B).*
>
> *Na minha opinião o culpado pelo lixo disso é o poder público e não a população (Entrevistado C).*
>
> *Eu acho que o culpado por esse lixo à céu aberto são o poder público, os governantes (Entrevistado D).*

Além disso, foram observadas outras situações em que eram revelados posicionamentos pouco críticos sobre alguns problemas da realidade, como: compreensão limitada sobre aspectos que envolvem o desmatamento e seus impactos no meio ambiente; posicionamento acomodado com relação ao uso de drogas, infraestrutura, proliferação de escorpiões e arboviroses. Nesse sentido, a questão central que abarca todos os temas encontrados na comunidade foi: de quem é a culpa pelos problemas socioambientais enfrentados em Amargosa, Bahia? Assim, as principais controvérsias encontradas nessa fase preliminar estiveram relacionadas à compreensão acrítica e limitada sobre os desdobramentos da ausência de saneamento básico, infraestrutura e desmatamento na região, caracterizando uma situação-limite, que pode ser superada por meio da problematização e das relações CTSA que condicionam o tema, na tentativa de alcançar perspectivas de mudança.

Os temas geradores podem apresentar elementos das relações CTSA, e essas relações podem ser discutidas em menor ou maior profundidade, a depender dos objetivos de aprendizagem previstos, assim, em um tema gerador, muitos aspectos podem ser explorados como QSC. Por outro lado, pensamos também que é preciso estarmos atentos(as) aos conhecimentos científicos ou tecnológicos que surgem durante o processo de redução temática e de levantamento preliminar, para que seja dada a devida atenção às dimensões CTSA dos conteúdos que precisam ser problematizadas no contexto. Assim, se essas relações surgem, são pertinentes ao problema, e são legitimadas pela comunidade, teremos um tema gerador sociocientífico, o que tornaria o ensino e a aprendizagem das dimensões dos conteúdos ali existentes ainda mais relevantes, podendo potencializar o envolvimento dos(as) estudantes na compreensão e nas ações em torno da problemática, a partir de um problema que envolve relações CTSA e que é legitimado pela comunidade. Consideramos que a QSC contribui, neste estudo, com os seus critérios de identificação com o processo de investigação preliminar, conforme justificamos, com base em Ratcliffe e Grace (2003), para observar questões do ponto de vista da ciência e tecnologia, tronando-se um caminho a mais, do ponto de vista metodológico, para identificar elementos do levantamento preliminar.

3. Redução temática: seleção de conteúdos e conceitos científicos que pudessem contribuir na superação das contradições sociais e planejamento das atividades de sala de aula com cada grupo de trabalho. Nessa fase, fizemos uma discussão em sala, a fim de que todos os grupos apresentassem as contradições encontradas em suas visitas à comunidade, para iniciar o processo de construção de um planejamento didático contemplando elementos do currículo de Ciências Naturais que pudessem ser trabalhados a partir do tema, bem como outras áreas de conhecimento. Nessa etapa, sugerimos que os estudantes realizassem o estudo avançado dos temas que legitimaram na comunidade, analisando o tema a partir de uma perspectiva inter e transdisciplinar, estimulando o aluno a buscar relações do tema com aspectos éticos, políticos, ideológicos, econômicos, ambientais,

de saúde, científicos, tecnológicos e sociais, para que o estudante tivesse condição de compreender criticamente o tema, conhecendo-o de maneira integral, possibilitando o alcance uma consciência máxima possível.

4. Processos formativos sobre QSC, CTS e Freire: após os estudantes terem em mãos o tema a ser trabalhado, realizamos o processo de aproximação com as perspectivas teóricas utilizadas na pesquisa. Através da elaboração de planos de ensino, os estudantes iriam incorporar os princípios estudados a cada aula, refazendo-os até alcançarem os objetivos de aprendizagem esperados em cada aula.
5. Trabalho em sala de aula: as atividades didático-pedagógicas planejadas são desenvolvidas em sala de aula, com base na abordagem de QSC e CTSA, buscando a construção de um caso que descrevesse as controvérsias do problema, objetivos de aprendizagem CPA e questões norteadoras, as quais serviram de base para o trabalho em sala de aula.

Tendo em vista as nossas escolhas teóricas, metodológicas e didáticas, buscamos, a partir dos referenciais supracitados, adaptar o processo de investigação temática com base na pedagogia freiriana à utilização de QSC na perspectiva CTSA na formação de professores de Ciências Naturais.

Antes de iniciar as discussões sobre a perspectiva teórico-metodológica que seria adotada na disciplina, os(as) estudantes responderam a um questionário com o intuito de alcançarmos os seus conhecimentos prévios sobre a perspectiva teórico-metodológica que seria trabalhada na disciplina. Após as aulas teórico-práticas, foram realizadas oficinas para a construção das QSCs para o contexto educacional e para orientações aos grupos. Para a construção da QSC para o contexto educacional, consideramos os pressupostos teóricos e metodológicos estabelecidos por Conrado e Nunes-Neto (2018). Esses autores estabelecem a construção de um caso, questões norteadoras e objetivos de aprendizagem nas dimensões CPA como forma de organizar uma QSC na perspectiva CTSA.

Com base em Zabala e Arnau (2010), Conrado e Nunes Neto (2018) organizaram os conteúdos do ensino a partir de suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA). No contexto atual em que vivemos, marcado por problemas socioambientais controversos, é relevante repensarmos o papel da educação e do ensino de Ciências Naturais na formação cidadã dos(as) educandos(as). Para isso, se faz necessária a abordagem de conteúdos conceituais que permitam aos(às) alunos(as) a compreensão dos conceitos científicos que envolvem um tema; a abordagem de procedimentos, que permitam aos estudantes um saber fazer diante de pedagogias tradicionais e tecnicistas, que muitas vezes não valorizam a atuação e o protagonismo dos(as) estudantes em sala de aula; e, por fim, a abordagem de valores e atitudes que, sobretudo, se preocupam com o desenvolvimento de valores éticos, morais, bem como o desenvolvimento do pensamento crítico (Conrado; Nunes-Neto, 2018).

Para a construção das SDs, foram considerados os critérios de validação e justificação a priori de Mehéut (2005), a saber: a dimensão psicocognitiva, relativa às características cognitivas dos estudantes; epistemológica, relacionada ao conteúdo a serem aprendidos e à sua gênese histórica; e a dimensão didática, referente às restrições do funcionamento escolar – cronogramas, carga horária, dentre outros. Tendo em vista as especificidades socioculturais do contexto em que foi aplicada a QSC, sugerimos ainda a inclusão das dimensões: 4) axiológica: que diz respeito aos valores éticos, morais, estéticos e espirituais que predominam em uma sociedade/grupo; e 5) sociocultural: que leva em conta aspectos relativos ao cotidiano e à cultura nos quais os estudantes encontram-se inseridos, valorizando e respeitando as suas individualidades e diferenças. Acrescentamos essas dimensões como forma de reforçar os princípios e valores com os quais procuramos orientar a construção e a aplicação da SD. Segundo Freire (1970), é necessário partir das necessidades culturais dos(as) estudantes, uma vez que eles(as) precisam superar a curiosidade ingênua, alcançando o conhecimento científico. Para que isso seja alcançado, Freire propôs que o(a) educador(a) comece a explorar o contexto sociocultural

dos(as) alunos(as) na busca de elementos culturais que possam ser trabalhados no processo educativo,

> [...] considerando que o mundo do educando e da comunidade escolar são objetos de estudo, de compreensão, de busca de superação, elementos fundamentais para o engajamento, potencializando a aprendizagem e a constituição de uma cultura de participação (Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009, p. 75).

Considerando que os(as) estudantes não teriam tempo durante o semestre letivo para aplicação das QSCs, devido à incompatibilidade do semestre letivo da universidade e das escolas da educação básica, bem como a insuficiência do tempo da disciplina para apropriação dos referenciais adotados nela, aplicação em campo e discussão sobre o processo de aplicação, restringimos a avaliação da aprendizagem das QSCs por meio da construção de *scripts* descritivos. Segundo Marques (2017), o *script* é a descrição do discurso que os(as) licenciandos(as) pretendem pôr em prática em sala de aula, de forma semelhante ao que se escreve em um roteiro de filme. Pedimos que, nesse roteiro descritivo, o(a) futuro(a) professor(as) descrevesse todas as suas possíveis falas da aula planejada. Os licenciandos viram a necessidade de pensar em como iniciariam, conduziriam e terminariam a aula, a partir dos referenciais freirianos estudados, bem como da educação CTSA, no formato de uma questão sociocientífica. Os dados apresentados nesse livro são provenientes da análise de materiais como: *script* descritivo, áudios dos processos de orientação da construção das QSCs, áudios de apresentações das oficinas, cadernos de campo e atividades escritas realizadas em sala de aula.

Esses processos de formação, que contemplaram referenciais teóricos orientadores da pesquisa e da construção das QSCs, foram gravados, fotografados, filmados e registrados em caderno de campo. O processo de produção de dados contemplou a análise de documentos norteadores do curso de Pedagogia e a aplicação de uma SD com base em QSC, na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana. Os critérios de elaboração de QSCs, no contexto educacional, seguiram protoco-

los disponíveis na literatura (Conrado; Nunes-Neto, 2015). Os instrumentos de ensino/pesquisa foram validados, antes da sua aplicação, pelo grupo de pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática (Encima) da UFBA. Todos os participantes foram convidados a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Buscando compreender a apropriação dos licenciandos acerca das perspectivas teóricas adotadas, realizamos a análise de conteúdo das SDs, dos *scripts* descritivos, das entrevistas semiestruturadas, do caderno de campo e da apresentação oral das SDs. Os dados coletados foram analisados a partir da obra *Análise de conteúdo* de Bardin (1977). Para o autor, o texto é um meio de manifestação do sujeito, sendo que o analista busca categorizá-lo, inferindo uma expressão que as represente. Para maiores informações sobre as escolhas e caminhos metodológicos que produziram os dados apresentados neste livro, os leitores podem acessar a tese de doutorado intitulada *Diálogos entre a abordagem de questões sociocientíficas sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freiriana na formação de professores/as de ciências para os anos iniciais*.

O ENSINO MEDIATIZADO PELO MUNDO

apropriação pelos(as) estudantes do uso de QSC na perspectiva CTSA com base na pedagogia freiriana

Para realizar a análise dos temas discutidos pelos(as) estudantes, utilizamos as versões iniciais e finais dos *scripts* descritivos, gravação dos áudios das oficinas apresentadas pelos(as) alunos(as) ao final da disciplina, bem como outros materiais produzidos pelos alunos, como diário de campo e os planos de ensino. As categorias de análise utilizadas foram: apropriação da estruturação do ensino baseado em QSC (caso, questões norteadoras e objetivos de aprendizagem); elementos das relações entre CTSA mobilizados pelos(as) licenciandos(as); presença de intenções para ações sociopolíticas no processo de construção de SDs pelos(as) estudantes(as); pressupostos da abordagem pedagógica freiriana na construção de SDs pelos(as) licenciandos(as); alcance de pensamento crítico pelos(as) licenciandos(as) com o uso das QSC na Educação CTSA em convergência com a abordagem pedagógica freiriana; limites e possibilidades encontradas pelos(as) licenciandos(as) na construção das QSCs, a partir da tentativa de convergência dos pressupostos teóricos estudados.

Na tentativa de situar o(a) leitor(a) nos dados produzidos para esta pesquisa, apresentamos a seguir um quadro (Quadro 5) com uma síntese dos resultados alcançados na pesquisa, buscando construir uma visão de conjunto sobre as análises dos diferentes grupos de trabalho. Para avaliar os resultados alcançados pelos grupos, utilizamos a

escala *likert* com os seguintes níveis: atende totalmente, atende parcialmente e não atende.

Quadro 5 – Ferramenta utilizada para a análise das categorias propostas

CATEGORIAS	ATENDE TOTALMENTE	ATENDE PARCIALMENTE	NÃO ATENDE
Apropriação da abordagem QSC	Abordagem do caso a partir de suas controvérsias, e questões norteadoras que possibilitam mobilizar conteúdos inter/ transdisciplinares sobre o problema em estudo.	O caso apresenta algum grau de controvérsia; as questões norteadoras não são capazes de mobilizar aspectos principais do caso e dos objetivos de aprendizagem; os objetivos de aprendizagem não conseguem mobilizar aspectos inter/transdisciplinares capazes de promover o pensamento crítico.	Não aborda o caso a partir de suas controvérsias; as questões norteadoras não permitem a compreensão crítica e integral do tema.
Pressupostos da abordagem freiriana	Os estudantes conseguem mobilizar todos os critérios pré-estabelecidos para a construção das aulas, apresentados no quadro.	Os estudantes conseguem mobilizar de maneira parcial os critérios pré-estabelecidos para a construção das aulas, apresentados no quadro.	Os estudantes não conseguem mobilizar nenhum dos critérios pré-estabelecidos.
Alcance de pensamento crítico	Alcance de habilidades relativas ao entendimento de relações amplas entre CTSA, tomada de decisão, dentre outras.	Alcance parcial das habilidades relativas ao entendimento de relações amplas entre CTSA, tomada de decisão, dentre outras, melhor sistematizadas no quadro.	Não alcance de habilidades de pensamento crítico.

CATEGORIAS	ATENDE TOTALMENTE	ATENDE PARCIALMENTE	NÃO ATENDE
Elementos CTSA mobilizados	Abordagem ampliada de implicações éticas, políticas, ideológicas, ambientais e científicas sobre o tema/abordagem de aspectos relativos à natureza da ciência e tecnologia e impactos na sociedade e ambiente.	Abordagem parcial das implicações éticas, políticas, ideológicas, ambientais e científicas sobre o tema/abordagem de aspectos relativos à natureza da ciência e tecnologia e impactos na sociedade e ambiente, sendo estas insuficientes para o alcance de uma compreensão crítica e politizada das relações que condicionam o tema.	Não indica relações entre CTSA.
Atitudes favoráveis ao ativismo sociopolítico	Intenções de intervenção na realidade, a partir de ações sociopolíticas diretas e indiretas, *sensu* Hodson (2004, 2011)	Intenções de intervenção na realidade, a partir de ações sociopolíticas diretas ou indiretas, *sensu* Hodson (2004, 2011)	Não apresenta intenções para ação sociopolítica.

Fonte: elaborado pela autora.

Para analisar as SDs produzidas pelos grupos, utilizamos as seguintes categorias: 1) apropriação da estruturação do ensino baseado em QSC – caso, questões norteadoras e objetivos de aprendizagem –, 2) elementos das relações entre CTSA mobilizados pelos(as) licenciandos(as); 3) presença de intenções para ações sociopolíticas no processo de construção de SDs pelos(as) estudantes(as); 4) pressupostos

da abordagem pedagógica freiriana na construção de SDs pelos(as) licenciandos(as); 5) alcance de pensamento crítico pelos(as) licenciandos(as) com o uso das QSC na Educação CTSA em convergência com a abordagem pedagógica freiriana e; (6) limites e possibilidades encontradas pelos(as) licenciandos(as) na construção das QSCs, a partir da tentativa de convergência dos pressupostos teóricos estudados. Tais categorias foram elaboradas a partir dos objetivos de pesquisa específicos que pretendemos alcançar.

Conforme dito anteriormente, para analisar esses resultados, utilizamos os áudios das apresentações orais, os *scripts* descritivos, em suas versões iniciais e finais, e os cadernos de campo. Salientamos que cada grupo de trabalho entregou quatro versões do *script*; a cada versão, os estudantes recebiam orientações de como avançar na qualidade do material para alcançar os objetivos de pesquisa e de aprendizagem solicitados. Neste trecho do livro, estamos analisando apenas as versões inicial e final dos *scripts* sobre os temas investigados que informamos anteriormente, os quais serão apresentados em um quadro posteriormente e discutidos nesta seção. Decidimos por esse tipo de análise devido ao grande número de materiais a serem analisados por grupo. Além disso, acreditamos que, ao observar os momentos inicial e final da trajetória dos grupos, podemos reunir constatações capazes de responder aos nossos objetivos de pesquisa.

DENGUE

das soluções pautadas na ciência e na tecnologia aos problemas socioambientais

Ao analisar a proposta didática "Dengue: das soluções pautadas na ciência e tecnologia aos problemas socioambientais", observamos que, na primeira versão do *script* descritivo, o título inicial refletia apenas o termo "saneamento básico". A apropriação da estruturação da QSC foi lenta e gradual. Compreender a natureza da ciência é fator essencial para que os(as) estudantes entendam o sentido de analisar uma QSC sob perspectivas éticas, econômicas, políticas e históricas. Nessa aula, utilizamos a dinâmica de leitura e resolução de casos envolvendo ciência e tecnologia. Após a leitura do caso, sobre a suspensão da rotulagem de produtos que contêm soja na composição, os(as) alunos(as) foram questionados(as) quanto à intencionalidade das informações que subsidiaram a decisão a favor da suspensão da rotulagem. Para os alunos, "a intenção da ciência foi alertar a sociedade". Segundo Gil-Pérez e demais autores (2001), é preciso superar visões deformadas sobre a ciência e o trabalho científico, problematizando a imagem neutra da ciência, discutindo as relações de poder e interesses particulares que condicionam o fazer científico e tecnológico. A visão de ciência destituída de valores é uma herança do paradigma positivista – positivismo lógico e clássico –, o que tem influenciado a maneira como nos relacionamos com os aparatos produzidos pela ciência e pela tecnologia, marcada pela percepção linear

entre o que é produzido pela ciência e tecnologia e seus desdobramentos sociais e ambientais.

A neutralidade é interpretada como sendo baseada na noção de que a ciência não se apoia em valores sociais ou morais, "assim as teorias científicas seriam neutras, uma vez que, em princípio, o tipo de conhecimento que adquirimos com a ciência não deveria atender a qualquer interesse ou perspectiva de valor em particular" (Fernandes, 2013, p. 4). Autores como Gil-Pérez e demais autores (2001), Lacey (2006) e Santos (2003) consideram como deformada a visão de que a atividade dos cientistas não comporta valores sociais, sendo pura e socialmente neutra, e afirmam ser necessário compreender o caráter social do desenvolvimento científico.

Ao discutir a possibilidade de abordar uma questão sociocientífica sobre drogas no ensino fundamental, uma aluna desabafa: "*Meu medo é trazer logo de cara, e os pais estranharem*"; "*É difícil ver a relação entre ciência e tecnologia com o tema drogas*". Nesse caso, a falta de reconhecimento das relações CTSA (Hodson, 2011) de um tema controverso reduz as possibilidades de uma abordagem holística e crítica em sala de aula, uma vez que a participante não visualizou um modo de conectar conteúdos de C&T (por exemplo, indústria dos medicamentos – como extrair princípios ativos de plantas; química e neurociência de drogas lícitas e ilícitas; como drogas, incluindo medicamentos, afetam o organismo). O temor de professores(as) da educação básica em abordar temas controversos tem sido um dos principais desafios no ensino de Ciências (Dionor, 2018). Para isso, a formação cidadã, no nível do ensino fundamental, quando orientada para possibilitar o diálogo e o ressignificar da ciência e seu papel na sociedade, deve considerar, desde o planejamento didático, a importância de engajar os(as) estudantes em reflexões críticas para compreender com maior profundidade relações de poder, reconhecer valores e interesses de atores/atrizes sociais envolvidos(as) em controvérsias e, por fim, participar de decisões e ações individuais e coletivas, visando o bem comum (Santos; Conrado; Nunes-Neto, 2018). Rosa e Auler (2016) afirmam que o endosso a concepções neutras da ciência pode fragili-

zar processos participativos, democráticos, legitimando modelos de decisões tecnocráticas. Para Rosa e Auler (2016, p. 218),

> A suposta neutralidade/superioridade do modelo de decisões tecnocráticas está fundamentada na crença de eliminar/neutralizar a sociedade na tomada de decisão sobre temas científico-tecnológicos. Decisão restrita ao especialista/técnico, considerado único ator capaz de solucionar os problemas, inclusive os sociais, de um modo eficiente e ideologicamente neutro.

Assim, a falta de compreensão da natureza da ciência nem sempre permite que o(a) licenciando(a) entenda a sua relevância nos anos iniciais do ensino fundamental a partir de um problema sociocientífico e incorpore o tema em seus planos de ensino, conforme observamos nas versões iniciais do *script* descritivo. Na aula sobre natureza da ciência, o grupo compreendeu princípios importantes sobre a ciência, como podemos observar nas frases abaixo:

> *Chamou a atenção também no texto sobre quando a ciência e tecnologia começaram a ser questionadas, após a Segunda Guerra Mundial. Um dos grandes golpes da ciência, o holocausto. A partir desse momento, as pessoas pensaram que nem sempre a ciência é a favor da vida. Outra coisa que pensamos é que, por exemplo, o ovo, era visto como um vilão da saúde e hoje ele é extremamente usado, considerado um dos alimentos mais importantes. A mesma coisa é o medicamento: serve para uma doença, mas ataca outro órgão. A ciência sabe que vai te fazer mal, que interesses estão por trás? A ciência vai sendo feita para beneficiar as empresas e não as pessoas. No caso de Mariana, tiveram vários estudos ali, arquitetos, engenheiros, mas em nenhum momento pensaram na população que vive ali, eles queriam o quê? O lucro* (Grupo A).

Observa-se claramente uma percepção crítica acerca da natureza controversa, histórica e valorativa da ciência, construída nesta aula. Segundo Rosa e Auler (2016), ser convencido sobre a existência

de uma ciência neutra tem a intenção de eliminar a tomada de decisão pública sobre os processos que envolvem ciência e tecnologia. Quando o grupo relata sobre o que aconteceu em Mariana, percebe-se a emersão do caráter valorativo existente na compreensão da problemática, uma vez que citaram a existência de um corpo técnico que, em nome da ciência, avaliou as condições da barragem, mas em nenhum momento o olhar da população local, sobre as consequências da construção da barragem, foi valorizado. Os estudantes perceberam, então, que a dimensão científica deve vir acompanhada das dimensões de outras naturezas, como o campo dos valores, econômicos, éticos e políticos (Rosa; Auler, 2016).

A incorporação nos planos de aula desses princípios se iniciou a partir da terceira versão do *script* descritivo e após orientações em grupo. Podemos observar, abaixo, fragmentos que representam a incorporação de princípios envolvendo a natureza da ciência pelo grupo. O determinismo científico e tecnológico e a não neutralidade da ciência também foram contemplados na versão final *script* pelo grupo.

> *Alguém de vocês já ouviu falar sobre os mosquitos da dengue transgênicos, tecnologia para reduzir as populações do Aedes aegypti? O vídeo vem trazendo como esses mosquitos transgênicos agem para minimizar a proliferação de mosquitos contaminados com o vírus da dengue. E com certeza é muito eficaz temporariamente. Na verdade, crianças, colocamos muita fé na ciência e tecnologia para resolver esse problema, entretanto esse problema tem raízes mais profundas que precisam ser discutidas. Sim, crianças, como viram, esse é um de muitos métodos para combater a proliferação do mosquito, porém, crianças, vamos refletir um pouco agora: será que a criação desse mosquito realmente é o essencial para combater ou é algo que pode combater no momento, mas não soluciona o problema? Será que ele não pode originar outras doenças? Será que vale a pena o investimento elevado nesta medida paliativa? E quais medidas podem ser adotadas tanto por parte dos órgãos competentes quanto pela sociedade para a real erradicação desse mosquito? Esse método não garante uma total erradicação do mosquito* (Grupo A).

Segundo Rosa e Auler (2016), ainda, no ensino de Ciências, há poucos momentos para se discutir os mitos da ciência, reduzindo hábitos de participação popular nos âmbitos científicos e tecnológicos. Para os autores, o determinismo tecnológico está alicerçado na visão de tecnologia como autônoma e que não é condicionada pela ação humana, bem como na ideia de progresso como caminho fixo e inevitável.

Conrado e Conrado (2016) discutem a presença de mitos do cientificismo no discurso de licenciandos(as) de biologia a partir de QSC, e afirmam que a discussão sobre aspectos de natureza da ciência é essencial para maior desenvolvimento de criticidade, capacidade de tomada de decisão e ação dos(as) estudantes. A fé exagerada na ciência contribui para a manutenção e a propagação de mitos, endossando visões que posicionam a ciência em uma relação de superioridade frente a outros saberes. Para Freire (1995), vivemos em um tempo altamente tecnologizado que pode causar um excesso de racionalidade, fruto de uma ingenuidade que deve ser superada por uma prática educativa progressista, desenvolvendo a curiosidade crítica. Nesse panorama, Freire (1995) ressalta que não nega os benefícios da ciência e tecnologia, mas que não as diviniza, olhando-as de forma criticamente curiosa. Segundo o mesmo autor, o progresso científico e tecnológico que não responde fundamentalmente aos interesses humanos e às necessidades de sua existência perde o seu significado. Para Freire (1995, p. 130),

> Para todo avanço tecnológico haveria de corresponder o empenho real de resposta imediata a qualquer desafio que pusesse em risco a alegria de viver dos homens e das mulheres. A um avanço tecnológico que ameaça a milhares de mulheres e de homens de perder seu trabalho deveria corresponder outro avanço tecnológico que estivesse a serviço do atendimento das vítimas do progresso anterior. Como se vê, esta é uma questão ética e política e não tecnológica. O problema me parece muito claro. Assim como não posso usar minha liberdade de fazer coisas, de indagar, de caminhar, de agir, de criticar para esmagar a liberdade de outros de fazer e de ser, assim

> também não poderia ser livre para usar os avanços científicos e tecnológicos que levam milhares de pessoas à desesperança.

O desafio está posto diante do fato de que enfrentamos diariamente a falta de atribuição de significados no ensino dos conteúdos científicos, o que tem distanciado, muitas vezes, os(as) alunos(as) da escola, da ciência. Contudo, não queremos superar a ausência de sentidos somente quando relacionada à compreensão de conteúdos científicos, mas com relação à própria natureza da ciência, seus desdobramentos na sociedade e no ambiente, bem como os valores que condicionam as práticas dos(as) cientistas. Os fragmentos abaixo apresentam ainda um pouco da visão crítica envolvendo CTSA incorporada no *script* final pelo grupo.

> *Será que só a limpeza do quintal? Será que a dedetização e o mosquito transgênico da dengue resolve? Será que o desmatamento não influencia? Não devemos pensar em resolver de imediato! A gente não pensa nos fatores políticos e no interesse do capitalismo com relação ao problema. A gente só pensava em sintomas e em como prevenir. Mas, e o governo? Será que o mosquito transgênico não tem relação com a microcefalia? Eu nunca pensei que o 'fumacê' pudesse fazer mal, nunca parei para pensar. Devemos instigar os alunos para pensarem. A gente sabe que a ciência tem interesses. Ela, o governo culpa a população. Ela não diz que o foco vai muito mais além. É muito mais fácil culpar os indivíduos, pôr o foco nas casas, do que parar para pensar em fatores ambientais que podem contribuir, como desmatamento também tem culpa, precisamos também melhorar o saneamento básico. A biotecnologia, empresa de Bil Gattes, faturou 18 milhões de euros na modificação genética do mosquito transgênico* (Grupo A).

> *A ciência trabalha muito com o imediato, então surge um problema, ela vai lá e tenta achar uma solução; se não der certo, tiver problema, surgir, com isso, outra doença, ela vai lá e inventa outra coisa, então ela trabalha muito com o capitalismo. Então, criam o mosquito transgênico, mas ele só vive no máximo 30 dias, então é uma coisa muito imediatista, mas de acabar com o foco não se fala* (Grupo A).

Nesse caso, podemos perceber que as reflexões acima indicam uma ampliação da concepção de conteúdo científico, enquanto objeto dos processos de ensino e aprendizagem, que pode ser relacionado com as dimensões conceituais (por exemplo: conceito de desmatamento, transgênicos e microcefalia); procedimentais (por exemplo: entendimento da técnica de dedetização/'fumaçê' e reconhecimento de sintomas da dengue); e atitudinais (por exemplo: interesses do governo e da ciência) na discussão da QSC, como sugerem Conrado e Nunes-Neto (2018).

Segundo os autores, a contextualização promovida na discussão da QSC, dessa maneira mais ampliada, incluindo essas dimensões, aumenta o interesse dos(as) estudantes pelos conteúdos, além de favorecer seu engajamento em questões socioambientais relevantes, que impactam o seu dia a dia. Portanto, isso explicita a importância do conteúdo científico, aproximando os(as) estudantes da aplicação desses na realidade.

Freire (1995) ressalta que é papel da ciência explicar a realidade em sua complexidade com ética, responsabilidade e criticidade. Para o autor, essa é a tarefa da ciência que, sem o bom senso do(a) cientista, pode se desviar e se perder. O autor completa:

> Não tenho dúvida do insucesso do cientista a quem falte a capacidade de adivinhar, o sentido da desconfiança, a abertura à dúvida, a inquietação de quem não se acha demasiado certo das certezas. Tenho pena e, às vezes, medo, do cientista demasiado seguro da segurança, senhor da verdade e que não suspeita sequer da historicidade do próprio saber (Freire, 1995, p. 63).

Esse bom senso permite pensar, por exemplo, que é imoral afirmar que a fome e a miséria são fatalidades. Essa percepção nos encaminha para que, por meio do rigor científico, possamos construir uma visão crítica sobre os fatores causadores da fome e da miséria. Observamos muitas vezes, nos livros didáticos, que não há uma intencionalidade clara em mostrar, por exemplo, quem são os maiores poluidores, con-

sumidores e causadores da falta de água, pois o conteúdo do livro se limita a uma análise pontual do problema, trazendo imagens muitas vezes voltadas para o controle do consumo doméstico individual e para as empresas que distribuem água. Segundo Maestrelli e Lorenzetti (2017, p. 13), ao analisar a presença de relações CTS o livro de Ciências a partir da temática "água", constataram que "os resultados indicam que a abordagem das relações CTS ainda é escassa". E ainda: "dos 14 descritores investigados, apenas 8 indicadores CTSA foram localizados". Esse tema, quando trabalhado articulando relações CTSA, pode contribuir com a formação crítica, emancipação e engajamento dos alunos nos anos iniciais (Silva; Strieder, 2017; Vissicaro; Figueirôa; Araújo, 2016). Segundo Freire (1995, p. 80), "[...] faz parte do poder ideológico dominante a inculcação nos dominados da responsabilidade por sua situação".

A partir das indicações de leituras, o grupo foi avançando e compreendendo que o tema precisava de uma abordagem social e crítica, como podemos observar nos fragmentos abaixo, retirados do caderno de campo no decorrer do semestre:

> *Eu não sabia que dar uma aula com uma abordagem CTS era tão difícil; é complicado, tive que ler bastante. Às vezes pensa que pegar o tema lixo e levar para sala de aula é fácil, mas não é, é complicado. Mas, está sendo bom ler sobre o assunto, a gente já pensa em levar uma outra abordagem sobre o assunto, não é uma abordagem simples como estávamos pensando antes, e achar uma metodologia também é complicado* (Grupo A).

> *A ciência tem que ser tratada no cotidiano escolar, mas não de uma forma 'dada', ah, é isso e acabou. Ninguém questiona nada, a verdade é aquela. Estabelecer a essa relação em sala de aula, trazer a ciência para a sala de aula, mas permitir à criança refletir, questionar, criticar, os impactos positivos, que são muitos, mas também os impactos negativos* (Grupo A).

Para os(as) alunos(as), essa é uma abordagem diferenciada e que, por isso, exige leitura intensa sobre o tema, para que se conheça as

suas diferentes relações com os aspectos social, científico, ambiental, político, ideológico, econômico, entre outros. Entender que o ensino de Ciências precisa superar a tendência "conteudista" – com ênfase na memorização de conceitos científicos –, sem relação com a realidade do educando, é essencial na formação de professores(as), sendo que as QSC na perspectiva CTSA (Conrado; Nunes-Neto, 2018), juntamente com a abordagem freiriana, possibilitam horizontes outros, os quais permitem, a esses(as) futuros(as) professores(as), questionar a sua prática e o mundo que os rodeia, pela aproximação e empatia com o tema estudado. Ao considerar a abordagem de QSC como algo que não é simples e que demanda pensar em uma metodologia adequada, remetemo-nos a Freire (1995), quando afirma que ensinar exige reflexão crítica sobre a prática. Para o autor, é pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que conseguimos melhorar a próxima prática.

Notamos na fala do grupo que a maneira como a abordagem de QSC na perspectiva CTSA foi realizada permite conhecer de forma mais aprofundada o tema estudado. Ao conhecer o tema de maneira mais complexa, o(a) estudante reconhece a necessidade de tratar o tema em sua integralidade (Andrade, 2016; Martínez-Pérez, 2012). Os(as) estudantes também questionam a visão de ciência como única e infalível, considerando a necessidade de uma abordagem que possibilite questionar e refletir sobre o que é produzido pela ciência e pela tecnologia, contextualizando-as (Conrado; Conrado, 2016; Rosa; Auler, 2016). Uma abordagem descontextualizada da ciência não dialoga com o contexto social e se esquece das amplas relações entre ciência, tecnologia e sociedade e das influências ideológicas que negam certas consequências da ciência e da tecnologia na sociedade (Gil-Pérez *et al.,* 2001). Essa abordagem descontextualizada pode também dificultar o embasamento crítico-reflexivo dos(as) professores(as) para que problematizem as relações CTSA e as perspectivas tecnicistas presentes na educação (Pedretti, 2003). Para que essa visão seja superada, é necessário que pensemos em abordagens de ensino que tragam para dentro da escola uma imagem da ciência carregada de dúvidas e incertezas, para que a comunidade escolar como um todo se aproxime dela,

conhecendo aspectos que envolvem a construção do conhecimento científico. Na última fala, fica implícita uma postura de convivência com os impactos positivos ou negativos da ciência e tecnologia na sociedade. Apesar de terem sido usados os termos "refletir", "criticar" e "questionar", não se observa uma postura compatível com uma possível participação no direcionamento desse desenvolvimento científico-tecnológico.

Medina, Martínez-Pérez e Lozano (2009), em um trabalho com QSC em contexto rural, constataram que as relações entre ciência-tecnologia-sociedade não são percebidas pelos(as) professores(as) no contato inicial com QSCs. Para os(as) professores(as) participantes daquele trabalho, a ciência se reduz ao método científico, cultivando uma visão aproblemática, ahistórica e individualista sobre a ciência, imagem construída a partir de suas experiências profissionais. A tecnologia é vista como a aplicação de conhecimentos científicos, limitando a abordagem das relações CTS dentro da escola. Esses autores apontam a necessidade de atividades formativas com os(as) professores(as) que lhes possibilitem melhor compreensão sobre as relações entre CTS e os processos de ensino e aprendizagem, bem como permitam a reflexão sobre a dinâmica da ciência e tecnologia no mundo contemporâneo, a fim de contribuir com novas práticas de ensino.

Inicialmente, os alunos apresentaram dificuldade em identificar uma controvérsia ligada ao problema, o que aconteceu, inclusive, em todos os grupos. Na versão final do *script*, o grupo apresentou um caso, que continha uma controvérsia que permitiria mobilizar possíveis tomadas de decisão, e que envolvia elementos da dimensão atitudinal. A apropriação das maneiras de organizar uma QSC, no que tange à organização dos casos, foi influenciada por particularidades que envolvem os modos de ensinar característicos da Pedagogia, que contemplam arte e a ludicidade. Assim, outras linguagens para apresentar o caso foram possíveis, como o uso de tirinhas e *charges*. As perspectivas lúdica e artística estiveram presentes no processo de construção do *script*, como uma tendência existente nos cursos de Pedagogia e que pode permitir ao trabalho com QSC no ensino

fundamental o diálogo, a relação com a realidade, o alcance da dimensão cognitiva apropriada, elementos essenciais para a aprendizagem nos anos iniciais de escolaridade.

As questões norteadoras foram apresentadas durante o processo de construção do *script* e, ao final, e refletiam parcialmente aos objetivos de aprendizagem nas dimensões CPA. Os(as) estudantes apresentaram dificuldades em organizar as questões norteadoras a partir dos objetivos de aprendizagem estabelecidos. Para muitos(as) estudantes, organizar muitas questões norteadoras exigiria o tratamento ainda mais complexo da QSC. Do mesmo modo, os(as) estudantes apresentaram dificuldades em organizar os objetivos de aprendizagem e em entender que as dimensões que envolvem um conteúdo compreendem conteúdos, procedimentos, valores, atitudes e normas, o que requer uma prática que reconheça a necessidade de tais dimensões no ensino, em busca da superação do conceitualismo vazio e do tecnicismo (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Além disso, existia uma dificuldade enorme por parte dos estudantes em compreender que os objetivos deveriam ser pensados para que os estudantes os colocassem em prática, e não os professores, o que muda totalmente a lógica do ensino, que precisa ser baseado em uma metodologia ativa. No entanto, a organização dos conteúdos nas dimensões CPA realizadas pelos estudantes permitiu a discussão de aspectos essenciais para a construção da criticidade, do letramento científico, da formação explícita de valores, da formação política, aspectos imprescindíveis em uma abordagem de QSC na perspectiva CTSA com base na pedagogia freiriana.

As questões norteadoras trazidas pelo grupo na versão final do *script* foram as seguintes: para você, de quem é a culpa? Essa situação é muito frequente onde você mora? Você já presenciou situações como essa? Em sua opinião, quais são os possíveis malefícios do acúmulo de vasos destampados com água acumulada no quintal e esgoto exposto nas ruas? Se você morasse nessa rua, o que faria para resolver esse problema? Em sua opinião, o que é saneamento básico? Quais os principais responsáveis pela proliferação dos mosquitos e larvas

transmissores da dengue e de outras doenças? Quais as doenças que você conhece que são transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* (mosquito da dengue)? Você conhece os sintomas da dengue? O que você, juntamente com sua turma, poderia fazer para ajudar famílias como a do senhor José para a redução ou a eliminação da proliferação do mosquito da dengue? Que ações cotidianas de sua turma ou de outras pessoas podem agravar ou melhorar situações como a da família do senhor José? O que pode ser feito para a redução ou eliminação do mosquito *Aedes aegypti*? O que você e seus colegas podem fazer para mostrar para a sua família, sua comunidade e seus colegas da escola sobre os perigos provocados pela falta do saneamento básico e pela água reservada inadequadamente nos quintais das casas? Existe relação entre o surto de dengue e desmatamento? Que fatores econômicos têm colaborado para o aumento do surto da doença? Vocês acham que o desmatamento vem também influenciando na propagação e proliferação do mosquito da dengue? Para vocês, existe relação entre ciência e tecnologia com o saneamento básico e o mosquito da dengue? Como o uso da ciência e tecnologia podem contribuir para a melhora ou agravamento dessa situação? No nosso entendimento, apesar das questões norteadoras não refletirem todas as discussões e aprendizagens alcançadas pelos grupos, elas indicaram uma possibilidade de discussões significativas, orientando a problematização de aspectos sociais, políticos e econômicos relacionados ao tema.

Optamos por analisar esse grupo de maneira mais detalhada, pois esse foi um dos temas mais relevantes para o contexto da cidade, sendo constantemente apontado pelos alunos nas buscas pelas QSCs, além de ser alvo de debates recorrentes no contexto escolar devido à epidemia que atinge a região – ainda que, na maioria das vezes, de forma reducionista –, por ser amplamente discutido nos meios de comunicação, altamente controverso, envolvendo relações CTSA, apresentando, portanto, características de uma QSC na perspectiva CTSA.

Quanto à presença de pressupostos da abordagem da pedagogia freiriana na construção das SDs, observamos que, na fase inicial de construção do *script* descritivo, o grupo introduz o tema a partir de

uma problematização inicial, encontrada na investigação do contexto local. Tal problematização inicial é imprescindível na perspectiva freiriana, uma vez que, para Freire (1995), ensinar exige respeito aos saberes dos(as) educandos(as). Para o autor, é papel do(a) professor (a) não só respeitar os saberes construídos em sua prática, mas também discutir com os(as) alunos(as) "a razão de ser de alguns desses saberes em relação com o ensino dos conteúdos" (Freire, 1995, p. 30).

Na primeira versão do *script*, não foram observados sinais significativos da pedagogia freiriana. No entanto, na versão final, observamos que o grupo utilizou diferentes metodologias e recursos didáticos para abordar o tema, explorando recursos audiovisuais, atividades em grupos e elaboração de materiais pelos(as) alunos(as), como poderemos analisar nas falas a seguir:

> *Vamos fazer com vocês um experimento que mostra como a água chega no rio quando esse rio é cercado por matas ciliares e também como a água chega no rio quando o rio é desprotegido, ou seja, quando ele não tem mata ciliar. Podem vir! Se aproximem da mesa, por favor! Vamos lá!* (Grupo C).

> *Pronto crianças. Agora, depois de tudo que foi explicado através, que tal nós fazermos uma coisa diferente? O que vocês acham de mostrar o que cada um aprendeu? Queremos pedir para cada um de vocês que façam um resumo do que entenderam do conteúdo mostrado aqui em forma de história. Pode ser um relato ou mesmo em forma de quadrinho; vocês é que vão decidir, cada um fará do jeito que achar melhor, e depois vamos colar o trabalho de cada um de vocês no livro gigante, o que acham?* (Grupo C).

> *Agora, para descontrair um pouco, iremos assistir primeiramente um vídeo que irá abordar sobre as principais causas da dengue, os sinais, seus sintomas, e como podemos evitar a proliferação do mosquito. (Nesse momento, levaremos um notebook para que eles possam assistir o vídeo)* (Grupo A).

A utilização de diferentes recursos e estratégias didáticas é importante na medida em que acreditamos que os processos de ensino e

aprendizagem podem ser potencializados com a ajuda de instrumentos que permitam aos alunos visualizar de diferentes maneiras um mesmo conteúdo. Apesar dos alunos mencionarem a utilização de recursos didáticos, a maior parte das aulas ainda foram expositivas, no entanto, dialogadas, à medida que os licenciandos buscavam envolver os alunos no discurso, entender a sua opinião e participar das atividades em sala. Observamos também que, na maioria dos *scripts*, as atividades procedimentais estavam mais ao final dele e não no decorrer das aulas. Ao organizar os procedimentos de ensino a partir de uma abordagem temática, devemos considerar o uso de diferentes estratégias didáticas, como leitura e discussão de textos e reportagens, *slides*, fotografias e confecção de cartazes, entre outras, como indispensáveis para uma intervenção realmente problematizadora e não bancária. Acreditamos que ainda que os assuntos tenham em si uma intenção educativa crítica, os instrumentos didáticos precisam permitir aos alunos atuarem, utilizando seus diferentes sentidos, para alcançarem uma compreensão crítica sobre o tema. Apresentamos, no quadro a seguir, critérios considerados para a elaboração do plano com base na pedagogia freiriana.

Quadro 6 – Critérios freirianos que foram considerados para elaboração do plano

1. Introduzir o tema a partir de uma problematização.
2. Procurar se aproximar dos conhecimentos prévios dos alunos.
3. Promover diálogo entre diferentes saberes.
4. Utilizar linguagem apropriada ao contexto da sala de aula favorecendo a aproximação à linguagem formal.
5. Utilizar diferentes recursos e estratégias pedagógicas.
6. Lançar questões da realidade para os estudantes em sala.
7. Contextualizar os assuntos.
8. Questionar de alguma maneira a considerada superioridade da ciência com relação a outros saberes.
9. Discutir o salvacionismo científico e tecnológico (a ideia de que a ciência e tecnologia são capazes de solucionar todo e qualquer problema da humanidade).
10. Abordar a não neutralidade da ciência e seus estereótipos (a ciência guarda interesses particulares e relações de poder).
11. Incentivar a intervenção na prática.
12. Encorajar os alunos na busca de informações.
13. Abordar impactos da ciência na sociedade e no ambiente.
14. Abordar valores e atitudes.
15. Adotar postura de empatia/se interessar pela situação do aluno.
16. Motivar o aluno.

Fonte: elaborado pela autora (2019).

O grupo enfatizou a formação humanista como sendo algo positivo ao se articular Ciências com o contexto local, tornando o ensino mais significativo, mais comprometido com a realidade dos(as) licenciandos(as) e com os(as) próprios(as) educandos(as), quando ressaltaram a relevância de analisar a realidade para entendê-la, a importância de compreender os interesses particulares e relações de poder que envolvem ciência e tecnologia, bem como o encorajamento de ações práticas para intervir no problema estudado, tendo em vista e emancipação dos sujeitos. Como uma aluna salientou:

> *Não é só alfabetizar, é formar sujeitos cidadãos* (Grupo A).

Em uma discussão em sala de aula, sobre o destino do lixo na comunidade, um grupo enfatizou o papel desempenhado pelo(a) catador(a) na comunidade, a vulnerabilidade que sofre em seu ambiente de trabalho, o preconceito a que é submetido(a) e ações que poderiam ser realizadas para descontruir a imagem preconceituosa que a sociedade possui sobre esse(a) trabalhador(a) (Medeiros; Macedo, 2006). Adicionalmente, o grupo buscou identificar conhecimentos prévios dos(as) alunos(as). Assim, os(as) estudantes veem a necessidade de falar sobre o papel do(a) catador(a) para a sociedade, quando afirmam o seguinte:

> *Tenho que trazer para eles a importância do catador para as crianças, porque ele é vizinho e eles não conhecem quem faz um papel importante para eles* (Grupo A).

Isso, para nós, é um sinal de que o grupo visualiza a necessidade de discutir e mostrar para os(as) alunos(as) os diferentes valores existentes na sociedade, colocando o(a) catador(a) com sujeito que contribui para com a qualidade do meio ambiente e destacando, ao mesmo tempo, a sua vulnerabilidade. É clara, então, a tentativa de humanizar esse(a) catador(a), buscando fazê-lo(a) refletir sobre a importância e injustiças do seu trabalho. O grupo analisa ainda a produção do lixo pelas diferentes classes sociais, afirmando que

> *[...] existem diferenças na quantidade de lixo produzido pelos diferentes grupos sociais; as classes sociais mais baixas ainda consomem o lixo produzido pelas classes altas* (Grupo A).

As frases anteriores ilustram a incorporação de aspectos humanísticos e de valorização de diferentes saberes ao considerar o(a) catador(a) como indivíduo que merece visibilidade e respeito na sociedade, portanto manifestam empatia com as situações existenciais vivenciadas pelo próximo, a serem superadas por meio da emancipação humana, evidenciando a fé na vocação ontológica do ser humano em ser livre, em ser gente (Freire, 1995). Essas frases também traduzem uma análise crítica sobre a produção do lixo pelos diferentes grupos sociais, impulsionado pelo desenvolvimento científico e tecnológico (Souza; Silva; Barbosa, 2014) e a relação do lixo produzido com a subsistência do(a) catador(a), mesmo sob condições de vulnerabilidade social e de saúde. Santos (2009) discute sobre a importância da formação humanística na perspectiva freiriana, na educação científica. Para esse autor, o(a) professor(a) deve fazer o(a) aluno(a) enxergar as desigualdades e contradições que existem no seu contexto para que possa agir sobre ele. Ao se importar em analisar as contradições existentes na sociedade quanto à produção do lixo pelos diferentes grupos sociais, o grupo desvela e problematiza quem sofre mais com a disposição do lixo, onde encontram-se os lixões, por que nos bairros ricos não há lixos jogados, algo que é, sem dúvida, um pedido da pedagogia freiriana.

Nesse panorama, vale ressaltar que, segundo Agyeman e Carmin (2011), boa parte do lixo eletrônico gerado pela União Europeia é exportada para depósitos de lixo na África e na Índia, atraindo adultos e crianças em busca de sucata. Segundo o Greenpeace (2008), a queima ou despejo inadequado desses materiais gera ainda a contaminação de solos, água e ar por chumbo, cádmio, dioxinas cloradas – todos cancerígenos e neurotóxicos. Vemos então, um quadro claro de injustiça e racismo ambiental, os quais precisam ser problematizados em sala de aula.

Para os(as) participantes, Freire ajuda a ouvir o(a) aluno(a) e a levar questões da realidade existencial para a sala de aula. Ao discutir sobre a pedagogia freiriana e suas contribuições para o ensino de Ciências, o grupo complementa:

> *Temos o livro didático que o governo disponibiliza, mas, às vezes, vem um conteúdo que não tem nada a ver com a experiência do aluno. É isso que a senhora fala, de ver na realidade do aluno, trazer aquilo que está no cotidiano dele* (Grupo A).

É importante, do ponto de vista da formação da autonomia do(a) professor(a), que ele(a) reconheça os limites e possibilidades do uso do livro didático para o trabalho em sala de aula, em uma perspectiva crítica, como um apoio, e não como a única via possível de se construir conhecimentos, uma vez que este funciona como instrumento de comunicação, produção e transmissão de conhecimento científico, sendo, portanto, uma construção cultural, ligada a uma lógica de mercado, podendo veicular valores ideológicos orientados culturalmente. O livro didático, segundo Megid Neto e Fracalanza (2006), tem sido utilizado no ensino de Ciências como material de apoio, fonte de informação para o(a) professor(a) e para o(a) aluno(a), além de auxiliar o professor na avaliação do seu trabalho. Para Nascimento e Alvetti (2006), o livro didático também auxilia na atualização dos professores a partir do contato com temas contemporâneos.

Relembramos que o currículo é considerado "como um complexo e poderoso artefato educacional, organizador das formações" (Macedo, 2012, p. 22). Entendemos, portanto, que o currículo escolar nem sempre é coerente com as verdadeiras necessidades do ensino, uma vez que ele reproduz determinados preceitos políticos, éticos e ideológicos orientados a atender determinados interesses em particular (Macedo, 2012). Para Freire (1921), precisamos orientar os(as) alunos(as) a ler o mundo para que, no processo dialógico de decodificação, o indivíduo possa superar a situação-limite que o desumaniza, o inferioriza e o impede de ver as contradições deste. No campo da educação CTSA, superar situações-limite envolve a ressignificação

da ciência e da tecnologia, compreendendo suas múltiplas relações e interesses particulares, superando mitos cientificistas que nos afastam da atividade científica como ato social, realizado por grupos humanos junto com os seus valores e crenças.

Martinez-Pérez (2012) observou que o uso de QSC na formação de professores(as) tem contribuído para a autonomia docente e para torná-los(as) investigadores(as) da sua prática, questionando o currículo tradicional. Segundo o autor,

> A perspectiva adorniana[5] sobre a educação nos ajuda a compreender o processo de formação de professores/as como um processo permanente, que transcende os diferentes momentos da escolarização, sendo importante o envolvimento dos/as professores/as em experiências crítico-formativas que os/as encorajem na constituição de sua autonomia (Martínez-Pérez, 2012, p. 83).

"O grande desafio que existe no âmbito educacional hoje, à luz do pensamento de Adorno, é a crítica à semiformação, não só no contexto macrossocial, mas no espaço da própria sala de aula" (Bandeira; Oliveira, 2012, p. 231). Freire (1995) questiona o porquê de não discutirmos com os(as) alunos(as) a realidade concreta a que se deva associar à disciplina; por que não aproximar a realidade existencial dos alunos aos conteúdos curriculares previstos, bem como o descaso dos dominantes pelas áreas pobres da cidade e os valores morais presentes nesse descaso, uma vez que a escola não é um espaço neutro, onde a

5 "A formação, segundo Adorno, tem um caráter duplo, enquanto adaptação para manter a ordem criada pelo homem ou como desprendimento da mera adaptação, para a necessária reflexão subjetiva que visa à emancipação dos sujeitos dos mitos criados historicamente" (Martínez-Pérez, 2012, p. 79). A semiformação pode gerar a acomodação diante de processos opressores, endossando visões instrumentais na formação docente. Pretendemos nos aproximar desse referencial em pesquisas sobre formação docente, tendo em vista a sua importância na compreensão dos problemas que afligem o campo da formação de professores(as).

realidade e as condições de vida não devam ser problematizadas, pelo contrário, é por meio das problematizações dessas questões que conseguimos fazer emergir o significado da prática docente.

O grupo selecionou objetivos de aprendizagem na escrita do *script* final na tentativa de encorajar os alunos na busca de soluções de problema da sua realidade, incentivando a intervenção na prática, como podemos observar no seguinte trecho, retirado do *script* descritivo:

> *Identificar ações que devemos fazer para acabar ou minimizar com mosquito da dengue [...] Utilizar imagens e vídeos dos locais onde se encontra esgoto exposto como forma de impactar e alertar os alunos como também a comunidade sobre os riscos que eles correm por estarem em contato com esse esgoto* (Grupo A).

Além disso, o grupo citou a pretensão da realização de uma visita de campo às áreas mais afetadas pela má disposição do lixo, porque, segundo o grupo, "*seria interessante, pois é problemático. Nós queremos que ele compreenda como esse esgoto impacta na vida dele, isso já são valores, como ele pode intervir*". No entanto, a atividade não foi realizada, pois não possuíam meios para transportar os alunos. Tais falas indicam a influência freiriana, na medida em que, para o autor, é necessário partir da realidade do educando, para que este se perceba enquanto indivíduo capaz de agravar ou amenizar os problemas existentes em sua realidade (Freire, 1967, 1995).

No *script* final, o grupo apresenta trechos que indicam uma influência da pedagogia freiriana. O grupo inicia a aula a partir da problematização com uma situação local, buscando discutir um problema socioambiental do contexto dos alunos, como podemos observar nos fragmentos a seguir*:*

> *Crianças, o que vocês puderam compreender com a leitura desse caso? [...] Onde vocês moram tem esgoto a céu aberto também como no do caso que contamos?* (Grupo A).

> *A partir dessas fotos, podemos ver que não são em todos os bairros e nem em todas as ruas da cidade de Amargosa que estão assim com esses problemas são apenas os bairros periféricos, como por exemplo, no centro da cidade não estão dessa maneira, as ruas são todas limpas e organizadas, com o saneamento básico todo adequado* (Grupo A).

Segundo Freire (1967), a problematização promove o exercício de ação e reflexão, levando ao conceito de práxis, bem como permitindo a formação do pensamento crítico, possibilitando o questionamento das contradições sociais, levando ao desvelamento pelo oprimido de sua realidade opressora. Recordamos aqui a discussão trazida por Freire (1967), quando argumenta sobre o fatalismo que, muitas vezes, nega a condição humana de indivíduos que vivem em condições de opressão, em bairros pobres, sem direito a saneamento básico, sem água, onde seus direitos são atropelados, sem que esses indivíduos problematizem a sua própria condição de vida. Para ele, a frase "*É triste, mas, o que fazer? A realidade é mesmo esta*" guarda um determinismo, um discurso universal, repetitivo, que nega aos indivíduos o direito de serem livres, promovida por indivíduos pragmáticos e neoliberais, em sua posição fatalista habitual, sempre a favor dos poderosos (Freire, 1995). Cabe a nós, educadores, não cruzar os braços diante da miséria que assola e esmaga tantas almas, diante de um discurso morno frente a desigualdades, o qual nega a vida, os direitos, a consciência do inacabamento humano e, por sua vez, a sua vocação à liberdade. Nesse contexto, julgamos mais que necessário, no ensino de Ciências, o olhar problematizador na busca em aliar conteúdos curriculares com uma formação para a vida, que liberte, que forme de maneira integral os indivíduos e que não os imobilize diante do discurso fatalista silenciador. Assim, o presente *está sendo* e não *é,* o futuro não é inexorável. Deve-se saber da História como possibilidade e não como determinação.

A partir do *script* descritivo final, o grupo incentiva os(as) alunos(as) a uma intervenção prática para solucionar o problema, quando almeja identificar ações que deveriam fazer para minimizar a prolife-

ração do mosquito da dengue. O grupo continua problematizando os culpados pela falta de saneamento básico, como podemos analisar no trecho a seguir:

> *Na verdade, todos nós somos culpados, entretanto, os governantes são os principais responsáveis, escolhidos pela sociedade para cuidar do bem comum de todos nós, como, por exemplo, cuidar da pavimentação e do saneamento básico das ruas, pois sabemos que, se não houver um saneamento básico apropriado, as águas dos esgotos pode ocasionar a contaminação dos rios, lagos e de seus afluentes, por isso, crianças, que não adianta colocarmos a culpa apenas nos moradores, entretanto, tendo em vista que eles têm a responsabilidade de cuidar dos seus quintais, de saber descartar corretamente o lixo como ação individual, de deixar as caixas d'água tampadas, de não deixar pneus acumulando água, dentre outras coisas que sabemos que podemos fazer para ajudar a minimizar a proliferação do mosquito, então, crianças, a realidade é que, se todos nós fizéssemos a nossa parte, o meio ambiente, como também as nossas ruas não estariam dessa maneira e, consequentemente, não estaríamos vendo casos tão graves de doenças como a dengue* (Grupo A).

Observamos, a partir desse trecho, que o grupo pretendeu abordar valores e atitudes com os estudantes. Tal posicionamento é essencial para a construção de indivíduos críticos e participativos, capazes de modificar a realidade em que vivem (Freire, 1995). Nós, que estamos responsáveis pela formação acadêmica dos(as) licenciandos(as), precisamos entender que dinâmica é essa que envolve a escola e a sociedade para que possamos elaborar planos e objetivos educacionais alinhados com a realidade existencial dos(as) licenciandos(as). Isso envolve ser empático com a realidade deles(as), saber o que lhes comove enquanto gente e, assim, respeitar os conhecimentos prévios trazidos por eles(as) para discuti-los em sala de aula (Freire, 1995). Observa-se também o alinhamento na fala do grupo com a perspectiva humanista. É importante ressaltar que todos os temas discutidos em sala apresentam uma relação com a realidade existencial dos alunos,

permitindo o interesse pela aproximação e construção de conhecimentos sobre o assunto.

Barzano (2009) salienta que o tema do saneamento básico geralmente não é trabalhado no ensino de Ciências. Segundo o autor, o tema é "considerado assunto 'menor', sem importância, em relação a outros temas de cunho 'mais biológico'" (Barzano, 2009, p. 252). A ausência de discussão desse tema na educação básica se deve, em grande parte, às lacunas existentes na formação inicial de professores(as) de Ciências. No caso discutido anteriormente, a incidência e o aumento de infecção por dengue, assim como outras arboviroses, são resultados do modo como o ser humano se relaciona com a natureza e com o próprio ser humano. Por isso, a falta de saneamento básico – sobretudo em periferias –, juntamente com as condições precárias de moradia em grandes centros urbanos, e o aumento do desmatamento – que beneficia apenas parte da população –, gera muitos prejuízos para a população mais pobre, como o aumento de casos de dengue (Moura *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2009; Soares, 2015). Segundo Nunes e demais autores (2009) e Marques (2020), o desflorestamento tem provocado o surgimento de várias espécies diferentes de arboviroses, proporcionando o contato com os seres humanos, e a urbanização e o crescimento populacional também contribuem com esse processo. Moura e demais autores (2014, p. 81) destaca a "[...] relação significativa entre o aumento da ausência de saneamento básico e o aumento do desmatamento, corroborando que fatores sociais e ambientais influenciam na dinâmica da dengue".

O exercício da pergunta, do questionamento, o duvidar, para nós, foi elemento fundante para a confecção das QSCs como proposta de ensino. Segundo Conrado (2017), com o uso de questões norteadoras – podem ser denominadas também de questões mobilizadoras ou orientadoras –, evitamos a subutilização do caso e incentivamos a curiosidade dos(as) alunos(as). Essas questões expressam questionamentos sobre o caso e/ou sobre aspectos globais que devem ser abordados na QSC, demandando dos estudantes ações condizentes com os objetivos de aprendizagem previamente definidos. Segundo Freire

(1995), o exercício da pergunta é crucial para a efetivação da curiosidade crítica. Para o autor,

> Estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, o que se pretende com esta ou aquela pergunta em lugar da passividade em face das explicações discursivas do professor, espécies de *respostas* a perguntas que não foram feitas. Isso não significa realmente que devamos reduzir a atividade docente em nome da defesa da curiosidade necessária, a puro vai-e-vem de perguntas e respostas, que burocraticamente se esterilizam. A dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos em que o professor expõe ou fala do objeto. O fundamental é que o professor e alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é *dialógica*, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que professor e alunos se assumam *epistemologicamente curiosos* (Freire, 1995, p. 86).

Consideramos, na elaboração do plano em uma perspectiva freiriana, a contextualização. Um dos pressupostos básicos da pedagogia freiriana é partir da realidade existencial dos(as) educandos(as) para construir conhecimentos significativos e intervir nessa mesma realidade. Dessa forma, ensinar exige respeito aos saberes dos educandos, o exercício da contextualização, que perpassa o reconhecimento de sujeitos cognoscentes que se percebem como responsáveis pelas modificações do seu contexto. Freire (1995) questiona o motivo pelo qual muitas vezes os aspectos problemáticos da vida cotidiana não são atrelados aos currículos escolares.

Contextualizar, nesse panorama, significa se contrapor à concepção bancária de educação, que é instrumento de opressão, de negação da realidade, da experiência de vida e dos saberes dos educandos (Freire, 1995). Muitas práticas de ensino são pautadas na transmissão de conteúdos sem sentido para a vida dos(as) educandos(as), algo muitas vezes alheio à experiência existencial deles. Segundo Freire (1970), a prática educativa, quando se apoia numa relação dissertativa

com o(a) educando(a), ou seja, apenas centrada em descrever fenômenos, em depositar no(a) aluno(a) seus conhecimentos, deixa de lado os saberes e significados que ele(a) traz em seu discurso; é como se este não fizesse sentido, não fosse válido e legitimado, tornando o processo de ensino e aprendizagem restrito à transmissão de conhecimentos. A aprendizagem, portanto, torna-se mecânica e perde a sua força transformadora ao reduzir-se em som, sem prática e compromisso com a vocação ontológica do sujeito em ser livre de fatalismos (Freire, 1970).

É nesse sentido que Freire (1995) argumentava que devemos aproveitar as experiências dos(as) alunos(as) em viverem em áreas descuidadas pelo governo, sem saneamento, sem água tratada, para discutir a poluição dos rios, os diferentes níveis de bem-estar das diferentes classes frente a esses problemas socioambientais, e os riscos que a ausência de um ambiente equilibrado e limpo pode trazer para a sua saúde. É por isso que Freire (1970) defende que nos educamos mediatizados pelo mundo. Nesse processo, educador(a) e educando(a) analisam juntos um objeto cognoscível, sobre o qual incide a reflexão crítica. Com isso, o(a) educando(a) torna-se investigador(a) crítico(a), implicando em um ato de desvelamento da realidade. Assim, o exercício de trabalhar a partir do contexto é parte de um projeto de educação para a libertação.

Assim, consideramos que, na versão final do *script* descritivo, o grupo conseguiu contextualizar o tema, trazendo para as discussões as relações de poder que envolvem a atividade científica, as relações de opressão e injustiça que acometem de forma desigual as diferentes classes sociais, acarretando em maior ou menor exposição a doenças, discutindo sobre conceitos científicos que caracterizam a doença e o processo de desenvolvimento e refletindo sobre as condições sociais que determinam a existência de muitos desses agentes em determinadas comunidades, como poderemos observar no trecho abaixo:

> *Acreditamos sempre que a ciência e a tecnologia irão resolver o problema, entretanto, esse problema tem raízes mais profundas que precisam ser discutidas. Assim, será que a criação desse mosquito realmente é o essencial para combater ou é algo que pode combater*

> *no momento, mas não soluciona o problema? Será que ele não pode originar outras doenças? Será que vale a pena o investimento elevado nesta medida paliativa? E quem mais sofre com a proliferação destas doenças? Quem são os culpados por ele?* (Grupo A).

É interessante observar no trecho acima o questionamento à visão salvacionista da ciência feito pelo grupo. Nesse sentido, ressaltamos que a ciência moderna sempre esteve associada à ideia de progresso da humanidade (Rosa; Auler, 2016). Desconstruir essa visão histórica no ensino de Ciências é, sem dúvida, uma necessidade quando tratamos de relações CTSA. Essa ideia incorpora as relações sociais em que ciência e tecnologia são concebidas e utilizadas, em um processo não neutro, no qual valores e interesses desempenham papéis significativos.

Outro ponto que consideramos importante para a construção dos planos foi o questionamento da superioridade da ciência com relação a outros saberes. No entanto, não percebemos sinal de incorporação desses princípios pelo grupo nos materiais analisados. Acreditamos que, para que os alunos alcancem essa percepção crítica, seria necessária a discussão mais densa e aprofundada sobre os diferentes tipos de saberes e a importância de reconhecê-los em sala de aula. Freire (1995) é incisivo ao tratar da relação de superioridade que existe na ciência e da sua relação com outros saberes. Para o educador, é através da curiosidade crítica, reflexiva, que podemos enfrentar os excessos de racionalidade de um tempo tecnologizado. O mesmo autor argumenta ainda que não pretende negar a tecnologia e a ciência, mas que não as diviniza, nem as demoniza, olhando-as de forma criticamente curiosa. Pedretti (2014) argumenta que é preciso alinhar o trabalho com educação ambiental e o ensino de Ciências, reconhecendo o conhecimento tradicional, a fim de promover uma educação ambiental mais justa e orientada para a ação, desafiando tendências em que há o predomínio de visões acríticas, como a reprodução do conhecimento e de verdades não problemáticas. Acreditamos que seja necessário desconstruir mitos que possam validar e legitimar concepções científicas acríticas e fragmentadas sobre os problemas socioambientais e, ao mesmo

tempo, construir pontes com outros tipos de conhecimentos, igualmente válidos e, portanto, capazes de auxiliar em tomadas de decisões frente a problemas que impactam na vida em sociedade. Para Freire (1995), divinizar ou diabolizar saberes é perigoso, pois é uma forma de pensar errado, e não é isso a que uma educação formadora e transformadora deve se propor, sendo que "pensar errado" é uma expressão empregada pelo autor no sentido de ensinar aos alunos "com ares de quem possui a verdade, um rotundo desacerto" (Freire, 1995, p. 33).

O autor deixa clara não só a necessidade de reconhecimento dos saberes existenciais dos(as) alunos(as), das gentes, mas também critica a dominação dos meios de produção e de acesso à ciência e tecnologia, permitindo que determinados grupos detenham o domínio científico e tecnológico e o controle da razão. Para Freire (1970), a formação humanista não é antagônica da formação técnico-científica, desde que a ciência e a tecnologia estejam a serviço da libertação dos homens e mulheres e de sua humanização.

Na versão final do *script*, foi possível observar uma tentativa em olhar com mais cuidado as soluções propostas pela ciência e tecnologia para combater a dengue, conforme podemos observar no excerto adiante:

> *Alguém de vocês já ouviu falar sobre os mosquitos da dengue transgênicos, tecnologia para reduzir as populações do Aedes aegypti? E com certeza é muito eficaz temporariamente, mas será que é capaz de resolver o problema? E quais medidas podem ser adotadas tanto por parte dos órgãos competentes quanto pela sociedade para a real erradicação desse mosquito? Será que não existem relações de interesse envolvendo a ciência, tecnologia e a indústria?* (Grupo A).

Ao considerar que o desenvolvimento e uso da ciência e tecnologia podem abarcar interesses mercadológicos nem sempre alinhados com o processo de humanização das pessoas, Freire (1970, 1995) reconhece os riscos de uma visão neutra sobre ciência e tecnologia que endossa uma visão salvacionista sobre essas áreas. Para o autor,

> O progresso científico e tecnológico que não responde fundamentalmente aos interesses humanos, às necessidades de nossa existência, perdem para mim, a sua significação. A todo avanço tecnológico haveria de corresponder o empenho real de resposta imediata a qualquer desafio que pusesse em risco a alegria de viver dos homens e mulheres. A um avanço tecnológico que ameaça a milhares de mulheres e de homens, deveria corresponder outro avanço tecnológico que estivesse a serviço do atendimento das vítimas do progresso anterior (Freire, 1995, p. 130).

Encorajar a intervenção na prática é um pressuposto freiriano essencial no ensino de Ciências Naturais a partir de QSC. Para Freire (1995), de nada valem palavras vazias, logo, o(a) professor(a) deve educar pela corporeificação da palavra, tornando-as gestos (ou ações sociopolíticas, *sensu* Hodson, 2011), os quais podem construir uma sociedade mais justa, igualitária e equilibrada social e ecologicamente. Portanto, Freire era comprometido com a vida, com a existência, não só com palavras. Para Freire (1995, p. 103), "[...] tão importante quanto o ensino dos conteúdos é a minha coerência na classe. A coerência entre o que digo, o que escrevo e o que faço". O conceito de práxis é fundante quando discutimos a necessidade de intervenção na prática, segundo Freire, uma vez que, para o autor, é preciso refletir sobre os problemas da realidade para depois intervir, de maneira crítica e consciente. Se essa práxis é humana e humanizadora, é a práxis da liberdade (Freire, 1970). A palavra, quando não é vazia, mas sim anunciante de uma realidade concreta e existencial, conduz a uma práxis libertadora, transforma a realidade e não se cala; é crítica. É por meio da práxis libertadora, da corporeificação da palavra pelo exemplo, que o processo de ensino pode gerar tomadas de decisões conscientes. Para Freire (1970), a prática docente crítica envolve o movimento intenso, dialético, entre o fazer e o pensar sobre o fazer. Segundo Moura e Cunha (2018), o ensino de Ciências por investigação pode ser uma alternativa importante para diminuir imagens deformadas dos(as) cientistas e do trabalho científico. Para Acevedo (2005, p. 105),

"ao realizarem aulas investigativas, os estudantes irão entender que o conhecimento é construído, não é linear, não é formado por etapas rígidas e inflexíveis". Numa perspectiva freiriana de ensino, espera-se que o(a) professor(a) incentive a busca de informações sobre os temas que estão sendo trabalhados em sala de aula, já que ensinar exige pesquisa (Freire, 1995).

A partir do contato com a realidade, os(as) educandos(as) puderam eleger conteúdos programáticos que fossem necessários a uma compreensão crítica e integral da problemática. Podemos dizer que os(as) estudantes agiram como agentes decodificadores das realidades existenciais pesquisadas, assim, à medida que foram aprofundando suas reflexões sobre os objetos de estudo, foram se abrindo na direção de outros temas, o que foi essencial para que conseguissem sair da consciência real para uma consciência máxima possível. Observamos que, na versão final do *script*, houve uma disposição do grupo para o desenvolvimento de intervenções na prática, com o intuito de aproximar os(as) alunos(as) do problema encontrado, caracterizando-o em seus desdobramentos na sociedade.

Considerando a perspectiva freiriana, a abordagem crítica dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente é essencial, tendo como ponto de partida o contexto sociocultural, político, ambiental e ético atual. Freire (1995) deixa clara a sua preocupação com a necessidade de responsabilidade que o(a) cientista deve ter com os aparatos produzidos por ele(a) perante a sociedade. Nesse sentido, Freire (1995, p. 88) afirma que:

> Nunca fui ingênuo apreciador da tecnologia: não a divinizo, de um lado, nem a diabolizo, de outro. Por isso mesmo sem estive em paz para lidar com ela. Não tenho dúvida nenhuma do enorme potencial de estímulos e desafios à curiosidade que a tecnologia põe a serviço das crianças e dos adolescentes das classes sociais chamadas favorecidas. Não foi por outra razão que, enquanto secretário de Educação da cidade de São Paulo, fiz chegar à rede das escolas municipais o computador. Ninguém melhor do que meus netos e minhas

> netas para me falar de sua curiosidade instigada pelos computadores com os quais convivem.

A abordagem de valores e atitudes é imprescindível em uma prática de ensino que se pretenda crítica e dialógica. Freire (1995) é enfático ao defender o uso da ciência e da tecnologia para o bem comum. Além disso, a todo tempo, o autor traz em suas obras a necessidade da formação humanística tão necessária a uma educação para a liberdade, ao endosso da vocação ontológica do homem em ser livre, em ser gente, em sentir-se parte de uma sociedade.

Adotar postura de empatia e se interessar pelos problemas dos educandos(as) foi outro critério analisado nos planos e materiais produzidos pelos(as) licenciandos(as). Freire (1995) defende, de maneira enfática, que o professor deve olhar o meio, em determinados momentos, com os olhos dos(as) educandos(as), para saber o que para eles(as) faz sentido, e como pensam a realidade, por meio do diálogo. A pedagogia freiriana é o tempo inteiro empática, na medida em que se interessa e toma como ponto de partida o problema social local nos processos de ensino e aprendizagem, se preocupando também com a condição existencial de cada indivíduo, tendo em vista a sua libertação. Freire (1995) afirma que não há necessidade de o(a) professor(a) se mostrar frio, com medo de expressar a sua afetividade. Nessa busca pela empatia, como tópicos para discussão a partir da palavra geradora "comida", Freire elenca como aspectos para discussão a subnutrição, a fome no plano local e nacional, a mortalidade infantil e doenças derivadas. É assim que Freire (1970) expressa a sua empatia com o próximo, trazendo os aspectos que atingem o homem em sua dignidade para serem discutidos ao fazer educação, tomando a história como possibilidade e não como determinismo, mostrando a esses homens e mulheres que podem humanizar-se, a partir da compreensão das contradições e descaminhos que os obstaculizam na sua humanização.

Ao ser empático, dialogar, mostrar aos homens e mulheres que podem ser livres porque são tão fazedores de cultura e modificadores do ambiente quanto qualquer homem/mulher da face da Terra,

Freire se esforça o tempo inteiro para incentivar os(as) educandos(as). Freire (1995) também incentiva os educandos à tomada de consciência da necessidade de luta política pelos seus direitos; à luta pelo acesso a um ensino de qualidade; à intervenção em problemas que acometem a sua comunidade; ao entendimento desses problemas, para que essa intervenção seja engajada; à construção da empatia com situações que acometem e comprometem o bem-estar de um grupo social, entendendo que é preciso construir uma sociedade democrática, de todos(as), para todos(as).

Em suma, observamos que o grupo não alcançou o seguinte critério freiriano: promoção de diálogo entre diferentes saberes. Para Paulo Freire (1967), o processo educativo deveria valorizar os saberes vivenciados na prática social, os saberes da cultura popular, trazendo para o debate a questão epistemológica da legitimação social do saber popular, que tem sido historicamente desvalorizado em detrimento do saber científico. Percebemos que podemos recorrer a uma série de tecnologias para controlar o superaquecimento do planeta, mas pouco discutimos como as comunidades tradicionais estão enfrentando esse problema, como elas têm contribuído ao longo do tempo para a conservação ambiental, bem como uma possível implementação de tecnologias sociais potenciais no enfrentamento dos problemas socioambientais.

O alcance de pensamento crítico pelo grupo, inicialmente, ficou restrito à sugestão de que os moradores locais fossem procurar meios, através do contato com governantes, para que providenciassem melhorias. O grupo também citou o papel individual dos(as) moradores(as) para combater o mosquito da dengue, reconhecendo também que é necessária uma ação, tanto do cidadão, quanto em conjunto com os governantes, para que seja possível resolver o problema, superando uma visão ingênua que muitas vezes culpa apenas o poder público ou as ações individuais. Contudo, não ressaltaram as principais causas das arboviroses, que estão ligadas ao desmatamento e à falta de saneamento básico. Assim, as constatações sobre o alcance de pensamento crítico, na versão inicial do *script* descritivo, se resumem a

esses aspectos. Para Freire (1970), um dos pressupostos necessários para a construção de uma sociedade justa é a superação da verbosidade vazia, reveladora de uma atitude mental ingênua.

Na última versão do *script* descritivo analisado, o título do caso, que trata sobre a temática elaborada pelo grupo, refletiu uma ampliação no nível de alcance de pensamento crítico, como podemos observar: "Saneamento básico: um problema individual, coletivo ou político?". Ao discutir os culpados pela falta de saneamento básico, o grupo estende a culpa também aos governantes, identificando possíveis consequências socioambientais que esse problema pode causar na sociedade e no ambiente.

> *Na verdade, todos nós somos culpados, entretanto, os governantes são os principais responsáveis, escolhidos pela sociedade para cuidar do bem comum de todos nós, como, por exemplo, cuidar da pavimentação e do saneamento básico das ruas, pois sabemos que, se não houver um saneamento básico apropriado, as águas dos esgotos pode ocasionar a contaminação dos rios, lagos e de seus afluentes. Por isso, crianças, que não adianta colocarmos a culpa apenas nos moradores, entretanto, tendo em vista que eles tem a responsabilidade de cuidar dos seus quintais, de saber descartar corretamente o lixo como ação individual, de deixar as caixas d'água tampadas, de não deixar pneus acumulando água, dentre outras coisas que sabemos que podemos fazer para ajudar a minimizar a proliferação do mosquito* (Grupo A).

Para nós, o compartilhamento da culpa significa olhar além do que é veiculado pela mídia e pelos livros didáticos, os quais concebem como principal forma de controle dos vetores das arboviroses as atividades preventivas individuais das pessoas em suas casas. Ressaltamos que essas ações devem ser incentivadas e são importantes, mas não devem ser o foco exclusivo das propagandas que visam o controle da proliferação dos mosquitos. Nessa perspectiva, à medida que o grupo passa a observar que existem outros culpados e a considerar possíveis

consequências sociais e ambientais decorrentes do problema, amplia-se a visão de mundo dos indivíduos e os diversos modos de resolução.

Segundo Freire (1970, p. 103), "quanto menos criticidade em nós, tanto mais ingenuamente tratamos os problemas e discutimos superficialmente os assuntos". Segundo Solbes e Torres-Merchán (2018), uma pessoa que desenvolve pensamento crítico é capaz de compreender as relações particulares e de poder existentes em uma QSC em sua integralidade, abarcando aspectos sociais, ambientais éticos etc. No caso das arboviroses, o desmatamento, que gera lucro a grandes empresários do agronegócio, é pouco ressaltado na mídia, favorecendo um pensamento hegemônico que desconsidera esse raciocínio mais crítico sobre causas de problemas socioambientais.

O grupo aborda outros fatores responsáveis pela proliferação do mosquito da dengue, o que é interessante, pois mostra como o grupo aprofundou a compreensão do assunto, ampliando a sua visão sobre os fatores que contribuem para o avanço da doença, como podemos observar a seguir:

> *Os mosquitos da dengue se reproduzem mais rapidamente e picam com maior frequência sob temperaturas mais altas, diz a OMS (Organização Mundial de Saúde)* (Grupo A).

> *Bem, crianças, para darmos continuidade à aula, iremos, nesse momento, falar sobre o desmatamento. Sim, desmatamento! Vocês acham que tem alguma relação entre a proliferação do mosquito da dengue e o desmatamento? (Após escutarmos as opiniões dos alunos, iremos ler em forma de slides a seguinte reportagem) – Mas, na realidade, tem sim, crianças. Em uma reportagem que lemos recentemente, vem dizendo que: é reconhecido que as doenças tropicais, como malária, dengue e febre amarela, terão maior facilidade de penetrar além dos trópicos se a mudança climática aumentar a temperatura das latitudes temperadas. Globalmente, aumentos de 2-3ºC de temperatura aumentariam em torno de 3-5%, em termos climáticos, o número de pessoas sob risco de malária, e[m] várias centenas de milhares, conclui a OMS. Além disso, a duração sazonal da malária iria aumentar em diversas áreas atualmente endêmicas.*

> *Estima-se ainda que o Aedes aegypti e todas as doenças que ele carrega se proliferem mais com o clima mais quente* (Grupo A).

É interessante notar que o grupo faz então uma análise essencial dentro de uma perspectiva crítica de ensino. Assim, estendem a culpa pela proliferação da doença não só para os indivíduos que podem não contribuir com as medidas individuais preventivas, mas também aos fatores socioambientais, econômicos e políticos que subjazem a proliferação da doença, como podemos observar no fragmento a seguir:

> *Isso acontece pelo simples fato do desmatamento, que vem influenciando na proliferação do mosquito, mas muitas pessoas não estão cientes desses problemas, pois a TV não passa, porque o desmatamento das florestas não significa tanto quanto a criação do gado de corte, que é significativamente bem mais lucrativo para eles, entretanto, acaba alterando a temperatura do nosso planeta, e isso ocasiona a proliferação e a disseminação do mosquito da dengue. (Mostraremos imagens de matas que estão sendo destruídas para a criação do gado de corte)* (Grupo A).

Percebe-se, então, a formação do olhar crítico e reflexivo do sujeito sobre a sua prática, pois a vivencia e observa. Por meio da procura da questão sociocientífica no meio em que vive, compreende e problematiza a sua realidade, por intermédio do estudo e da pesquisa sobre esse assunto e, com isso, consegue perceber as relações de poder e interesses particulares que interferem na sua vida (Freire, 1995; Matarredona; Torres Merchan, 2013; Torres; Solbes, 2018). Assim, os fragmentos acima expressam a mobilização de pensamento crítico, uma vez que, ao invés de assumir a importância dos fatores que pretendem amenizar os focos da dengue, o grupo teceu uma crítica aos fatores responsáveis, em grande parte, pelo surgimento da doença, estendendo sua compreensão sobre o assunto, analisando outros fatores que são intencionalmente invisibilizados pelo discurso hegemônico da mídia e dos livros didáticos. Conhecer a fundo uma temática é um passo fundamental para a saída de uma transitividade ingênua para uma transitividade crítica.

Segundo Torres e Solbes (2018), uma das dificuldades que impedem a construção de pensamento crítico é não buscar informações sobre o assunto, limitando-se a discursos midiáticos pretensiosos, sem detectar a veracidade das fontes e os interesses que subjazem à divulgação de tais informações. Segundo Gomes (2017), ao tratar sobre as controvérsias existentes acerca do vírus da zika e seu principal transmissor *Aedes aegypti*, existem interesses particulares liderados pela indústria farmacêutica, aliada a ideologias voltadas à ciência e tecnologia, apresentando soluções milagrosas para a epidemia, enquanto pouco se discute sobre a proliferação do mosquito ser tão intensa em regiões periféricas do país. Para Freire (1995), faz-se necessária a compreensão correta da tecnologia, pois devemos nos recusar a entendê-la como algo diabólico, que ameaça a vida humana, ou como algo que traz somente bem-estar social. O autor salienta, ainda, a necessidade de vigília ética em torno das produções tecnológicas, visando que sua produção seja a favor das gentes, da dignidade humana. Segundo Santos (2008), para Freire, não basta mostrar aos(às) alunos(as) como a ciência está presente na vida cotidiana. É necessário mostrar a contradição dessa presença na sociedade. Percebe-se, portanto, que o grupo de alguma maneira problematiza a não neutralidade da ciência e discute o salvacionismo científico e tecnológico, uma vez que considera fatores socioambientais e econômicos como propulsores do aumento de casos de dengue e põe em dúvida a utilização de medidas pautadas na ciência e tecnologia para solucionar, por meio de paliativos, problemas com raízes muito mais profundas. Nos fragmentos a seguir, podemos observar uma crítica do grupo aos mosquitos transgênicos.

> *Bem! Para isso, iremos agora assistir um vídeo do Professor Jubilut no qual visitou a fábrica onde os mosquitos da dengue transgênicos são produzidos, acompanhou a soltura destes animais na natureza. O vídeo também vem trazendo como esses mosquitos transgênicos agem para minimizar na proliferação de mosquitos contaminados com o vírus da dengue. E, com certeza, é muito eficaz temporariamente, já que esses mosquitos machos que são soltos na natureza, como também a fêmea, têm muito pouco tempo de vida. Na verdade,*

crianças, colocamos muita fé na ciência e tecnologia para resolver esse problema, entretanto, esse problema tem raízes mais profundas que precisam ser discutidas (Grupo A).

Precisamos entender que o mosquito transgênico é geneticamente modificado em laboratório. O material para a produção vem de fora e custa muito caro, e a gente sabe que o mosquito da dengue dura até trinta dias. O mosquito transgênico vive mais ou menos sete dias. O que acontece com essa modificação? Modifica o gene do mosquito macho e a gente sabe que só a fêmea transmite a doença; o mosquito macho não pica as pessoas. E o que acontece? Vai em um bairro onde tem epidemias, solta esses mosquitos, que cruzam com as fêmeas, causando modificação genética e esse mosquito não vai transmitir doença para as pessoas. No processo de fabricação, para identificar as fêmeas, eles utilizam uma luz que ela apresenta, e se este método falhar? Existem dois por cento de chance de, nesse processo, ao invés de prevenir, causar ainda mais a proliferação da doença? Será que esses mosquitos modificados podem desenvolver outras doenças a longo prazo? (Grupo A).

É pertinente lembrar que a pedagogia do oprimido se traduz como uma prática de ensino humanista e libertadora em que os oprimidos vão desvelando o mundo da opressão, sendo que, se espera que eles se comprometam, na práxis, com a transformação da realidade opressora. A partir desse momento, Paulo Freire entende que essa pedagogia deixa de ser "do oprimido" e passa a ser "a pedagogia dos homens no processo de permanente libertação" (Freire, 1970, p. 23). Essa libertação acontece mediatizada pelo mundo, dependendo da construção de olhares para outros espaços da sociedade, ampliando a compreensão sobre os problemas da sua realidade. É interessante o olhar duvidoso do grupo acerca do salvacionismo existente no uso da ciência e da tecnologia para solucionar esse problema, sem a devida reflexão sobre os fatores socioambientais, políticos e econômicos que agravam o problema – por exemplo, a manutenção do agronegócio voltado para a pecuária. Esse olhar "duvidoso" para impactos da ciência e da tecnologia na sociedade é um sinal de alcance de pensamento crítico, uma

vez que, para Torres e Solbes (2018), pensar criticamente exige reconhecer os interesses que envolvem a ciência e a tecnologia, bem como seus impactos na sociedade. Freire (1995, p. 122) argumenta que, para que seja viável a transição da consciência real efetiva para a consciência máxima possível, é preciso se aproximar do objeto cognoscível, é preciso ser curioso.

Nas falas analisadas, observa-se a menção a "este novo olhar", ao "inicialmente não sabia sobre", ao saber agora como esses processos ocorrem, superando visões ingênuas, o que, para Freire (1976, 1995), é um sinal de construção de uma consciência máxima possível, de superação de possíveis situações-limite relacionadas a concepções precipitadas sobre a ciência e tecnologia.

Podemos observar esses sinais, inclusive, analisando as transformações apresentadas entre as versões iniciais e finais do *script* descritivo e de outros materiais produzidos pelos(as) alunos(as), na fase final da disciplina. Assim, acreditamos que, a partir dessa intervenção, os(as) estudantes puderam ampliar seus olhares sobre o mundo que os cerca, compreendendo os efeitos das relações de poder envolvendo CTSA sobre a sua vida, podendo, então, promover uma leitura de mundo reflexiva, crítica e emancipatória, a partir da realidade existencial. Apesar de o grupo não ter apresentado a intenção de desenvolver ações sociopolíticas na prática, observamos a mudança de pensamentos, a explicitação de valores, o desenvolvimento de uma conscientização e uma reflexão sobre as ações individuais e coletivas no combate ao mosquito; construindo, portanto, um pensamento amplo e complexo acerca da problemática abordada.

Percebemos, também, através dos documentos analisados, a emissão de juízos próprios, ao confrontar os pontos de vista da mídia, da ciência e da tecnologia e da própria sociedade sobre possíveis soluções para controlar a proliferação do mosquito. Constatamos, ainda, indagação sobre o problema enfrentado, bem como sobre juízos éticos e morais que envolvem soluções pautadas na tecnologia, com intuito apenas mercadológico e financeiro, com questionamento de ideologias dominantes e reflexão sobre os impactos de determinadas ações

na sociedade e no ambiente. Conforme nos alerta Merchán (2014, p. 241), construir pensamento crítico "[...] envolve preparar-se para emitir juízos próprios, confrontar pontos de vista, indagar-se frente a problemas e ideologias, posicionamento que permitirá ocupar espaços dialógicos e intervir de maneira socialmente responsável".

É importante destacar que os mosquitos transgênicos não atuaram da forma esperada no ambiente, apesar do uso dessa tecnologia pelo poder público e pelos(as) cientistas envolvidos(as). Assim, pesquisas indicam que a promessa de diminuição da população de mosquitos *Aedes aegypti* não tem acontecido; pelo contrário, há indícios de aumento da população selvagem do mosquito, surgimento de espécies mais resistentes, desconhecidas à biodiversidade, e transferência de alterações genéticas para populações de mosquitos locais (Reis, 2016). A Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco) (Reis, 2016, p. 1) aponta que 3% das larvas da prole transgênica chegam à vida adulta "Essa margem de erro prevista de 3% não é pequena considerando a quantidade de insetos que são liberados. Se soltarmos um milhão de mosquitos, serão 3 mil chegando à capacidade reprodutiva, ampliando o número de insetos que temos atualmente". Um outro problema relatado pelos pesquisadores, é que "[...] o mecanismo fisiológico que termina por ocasionar a morte dos descendentes do animal transgênico pode ser desativado, desde que o inseto entre em contato, de alguma forma, com o antibiótico tetraciclina" (Reis, 2016, p. 2).

Assim, observamos, na prática, as falhas da ciência e da tecnologia, bem como orientações de interesses particulares engajadas com princípios capitalistas e reducionistas, na medida em que parece ser viável a compra de mosquitos transgênicos para o controle de arboviroses, mas não há o mesmo interesse em identificar e combater problemas socioambientais que são causadores e potencializadores da proliferação de várias doenças e inclusive de arboviroses. A favor da construção desse pensamento crítico, os(as) licenciandos(as) induziriam ainda os(as) seus(as) alunos(as) a pensarem nas condições de desigualdade existentes na sociedade para os diferentes grupos sociais, conforme podemos observar a seguir:

> *Crianças o que vocês puderam compreender com a leitura desse caso?; [...] Onde vocês moram tem esgoto a céu aberto também como no caso que contamos?* (Grupo A).

> *A partir destas fotos, podemos ver que não são em todos os bairros e nem em todas as ruas da cidade de Amargosa que estão assim com esses problemas; são apenas os bairros periféricos, como, por exemplo, no centro da cidade, não estão dessa maneira, as ruas são todas limpas e organizadas, com o saneamento básico todo adequado* (Grupo A).

Consideramos que alcançar um pensamento crítico na perspectiva freiriana envolve pensar na situação do outro, nas contradições e injustiças vivenciadas na realidade existencial, exercitando a empatia, a esperança e a utopia. Problematizar o tema, na perspectiva freiriana, envolve o desvelamento das contradições vivenciadas na realidade, bem como das injustiças oriundas desse processo. Nesse panorama, vale destacar a valorização dada pelo grupo ao papel do catador, como agente socioambiental, que contribui para o controle da doença, ao recolher o lixo. Assim, acreditamos que o grupo alcançou determinado nível de pensamento crítico ao considerar o papel dos(as) catadores(as) para a sociedade, sua influência e importância ambiental, bem como sua situação de vulnerabilidade socioambiental, levando para a discussão conhecimentos de outra ordem, construídos na prática cotidiana, no desenvolvimento do bem-estar social local; uma vez que reconhecer outras formas de saber, de cuidar e de explicar a natureza, abrindo espaços para diferentes tipos de diálogos epistemológicos é considerado um sinal de construção de uma postura crítica com relação a ciência e a tecnologia (Freire, 1996).

> *Identificar ações que devemos fazer para acabar ou minimizar com mosquito da dengue[.] [...] Utilizar imagens e vídeos dos locais onde se encontra esgoto exposto como forma de impactar e alertar os alunos como também a comunidade sobre os riscos que eles correm por estarem em contato com esse esgoto* (Grupo A).

> *A ciência tem que ser tratada no cotidiano escolar, mas não de uma forma 'dada', ah, é isso e acabou. Ninguém questiona nada, a verdade é aquela. Estabelecer a essa relação em sala de aula, trazer a ciência para a sala de aula, mas permitir à criança refletir, questionar, criticar, os impactos positivos, que são muitos, mas também os impactos negativos* (Grupo A).

A partir das falas acima, podemos observar a mudança de visão do grupo com relação ao trabalho com o tema estudado, revendo sua forma de abordagem e reconhecendo a necessidade de discutir a ciência a partir do contexto existencial.

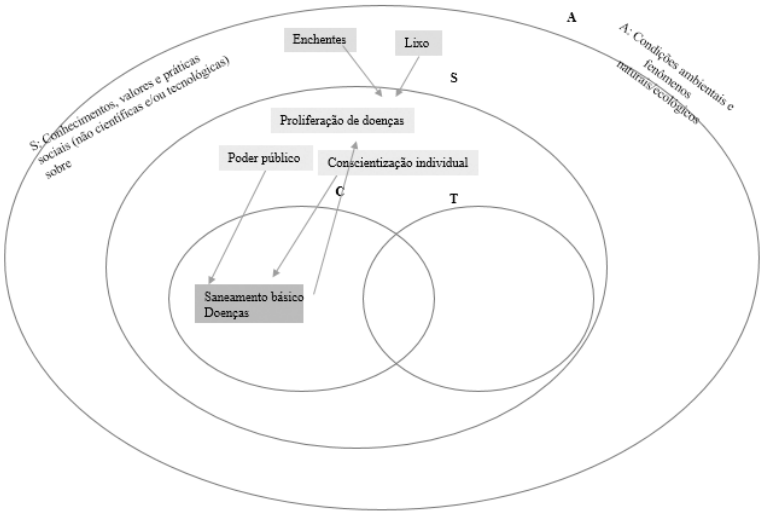
Ainda nesse panorama, o grupo elabora uma crítica com relação à ciência como algo estanque, pronta, defendendo a necessidade de questioná-la, criticá-la, tendo em vista seus impactos benéficos e maléficos na sociedade. Acreditamos que as falas acima indicam uma postura crítica, na medida em que, para Freire (1995), é preciso que a educação desperte a vocação ontológica dos homens e mulheres em serem livres; nesse caso, de um raciocínio único sobre as relações CTSA. Questionar a atividade científica se revela como um ato de libertação com relação à ciência velada, somente realizada por homens brancos e para benefício de poucos, em detrimento a malefício para muitos. Aproximar os indivíduos dessa ciência significa, em parte, torná-los capazes de ser um(a) cientista ou minimamente questionar a benevolência total de tudo que é produzido por ela, e isso é libertação, é poder *ser mais*. Tais posicionamentos influenciarão em práticas pedagógicas mais questionadoras em sala de aula, conforme indica o fragmento a seguir*:*

> *"Ver a ciência de uma forma diferente faz com que a gente faça diferente com eles"* (Grupo A).

Para representar os elementos das relações CTSA mobilizados pelos(as) estudantes, buscamos mapear as relações construídas pelo grupo na versão inicial do *script* descritivo, apresentados na figura adiante. A configuração espacial abaixo foi elaborada a partir de Bencze e demais autores (2018) e inspirada nas relações CTSA propostas

por Conrado (2017, p. 81), que defende que por meio da explicitação dessas relações, podem ser percebidas "influências mútuas entre conhecimentos científicos e tecnologias e condicionantes socioambientais". A partir da organização desse mapa, pode-se perceber as variadas relações entre diferentes setores, atores sociais envolvidos, bem como as relações entre diferentes áreas de conhecimento. Dessa forma, a Teoria Ator-Rede (TAR) supera a tendência em dicotomizar as relações entre sujeito-objeto, problematizando as imbricações de redes, a parir das conexões entre interesses comunitários e particulares, direitos e deveres entre pessoas, leis e maneiras de viver.

Figura 1 – Mapeamento inicial dos elementos e relações entre os domínios CTSA para o tema Lixo e Proliferação da Dengue[6]



Fonte: Bencze (2008) e Conrado (2017).

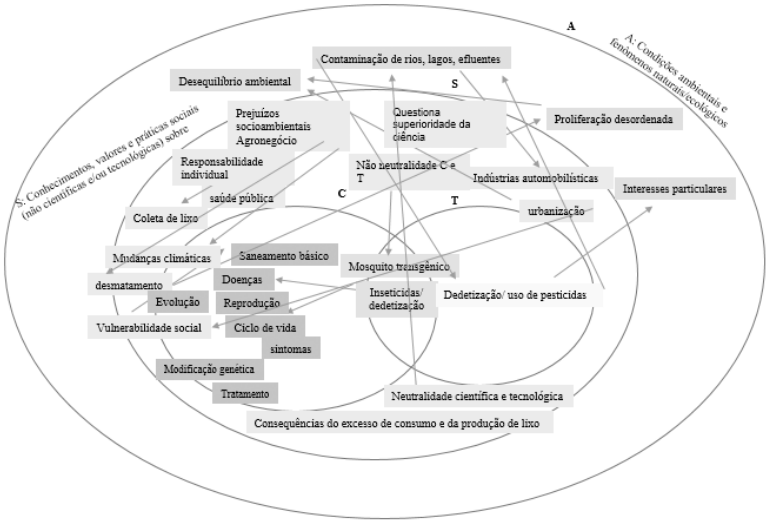
6 Esquema das inter-relações dos domínios CTSA articulados à QSC na fase inicial do *script* descritivo. Figura elaborada com base nas configurações apresentadas por Bencze (2008) e por Conrado (2017) com base nas ideias de ator-rede, e nos conteúdos do currículo associados às QSCs e nos domínios CTSA.

Conforme observa-se na figura acima, as relações estabelecidas com a ciência mobilizadas inicialmente correspondem ao conceito de saneamento básico e às doenças que podem proliferar e comprometer a saúde humana. Evidencia-se, observando a imagem acima, uma preocupação em conscientizar a comunidade sobre o seu papel quanto ao cuidado em não jogar lixo na rua, acrescentando a dimensão governamental, com a ideia de cobrança de melhorias na qualidade de vida da população ao poder público.

A percepção crítica do tema "ciência e tecnologia" não ocorreu inicialmente, apesar de termos discutido aspectos voltados para a natureza da ciência na aula. Fato é que a fé na ciência e nos aparatos tecnológicos produzidos por ela é tão arraigada que, quando o grupo inicia seus estudos sobre o tema, ele ainda não percebe as relações de poder e interesses particulares por trás da ciência e tecnologia. Auler e Delizoicov (2015) alertam para a desconstrução de mitos relacionados à imagem da ciência e tecnologia como elementos inquestionáveis e irreversíveis, pois tais posicionamentos abortam qualquer possibilidade de participação das pessoas comuns em decisões que envolvam ciência e tecnologia. O papel do(a) professor(a) é essencial na construção dessa visão crítica, indicando materiais de leitura que permitam pôr em prática concepções mais críticas sobre os processos de produção do conhecimento científico e seus desdobramentos na sociedade (Martínez-Pérez *et al.,* 2010; Santos, 2009). A dificuldade em desenvolver um ensino capaz de promover uma leitura crítica sobre ciência, na visão de Andrade (2020), tem relação com a ausência de preparo dos(as) professores(as) para discutir assuntos relacionados à natureza da ciência, decorrente, entre outros fatores, da falta de discussões sobre o tema ainda no processo de formação de professores(as).

Observando as relações entre os domínios CTSA, estabelecidas pelo grupo ao final do trabalho (Figura 2), constatamos a ampliação dessas relações.

Figura 2 – Mapeamento final dos elementos e relações entre os domínios CTSA para o tema Lixo e Proliferação da Dengue[7]



Fonte: Bencze (2008) e Conrado (2017).

Considerando o alcance dos níveis de Alfabetização Científica Crítica (ACC), proposta por Hodson (2004), a qual envolve quatro níveis, nesse grupo, alcançamos os dois primeiros, os quais envolvem: 1) reconhecer as complexas interações entre CTSA, compreendendo que essas são construtos sociais passivos de interesses; e 2) reconhecer os interesses que influenciam atividades científicas-tecnológicas. Queiroz, Conrado e Silva (2019) analisaram a frequência da mobilização de relações CTSA, classificando as mesmas como de baixa complexidade, média e alta. Segundo esses autores, as mobilizações de "[...] baixa complexidade, quando o estudante mobiliza os domínios CTSA

7 Esquema das inter-relações dos domínios CTSA articulados à QSC na fase inicial do *script* descritivo. Figura elaborada com base nas configurações apresentadas por Bencze (2008) e por Conrado (2017) com base nas ideias de ator-rede, e nos conteúdos do currículo associados às QSCs e nos domínios CTSA.

separadamente; (ii) média complexidade, quando o estudante mobiliza alguma combinação dos domínios CTSA; (iii) alta complexidade, quando o estudante mobiliza todos os domínios CTSA em conjunto" (Queiroz; Conrado; Silva, 2019). Nesse grupo, constatamos quatro relações de baixa complexidade, nove relações de média complexidade e 16 relações de alta complexidade. Consideramos que houve uma alta frequência de relações de complexidade alta, indo de encontro aos trabalhos de Queiroz, Conrado e Silva (2019).

As dimensões CTSA foram ampliadas consideravelmente ao final do curso; assim, observamos que o grupo avançou no sentido de observar relações de poder e interesses particulares envolvendo a ciência e a tecnologia, problematizando em certa medida a não neutralidade de ciência e tecnologia, bem como a superioridade de ambas. O grupo estabeleceu relações importantes, por exemplo, sobre desmatamento, mudanças climáticas e proliferação do mosquito, algo incomum nos materiais didáticos e que devem ser objeto de reflexão no ensino de Ciências. Observou-se, também, a ampliação de conceitos relacionados à dengue e suas formas de proliferação em comparação à figura inicial, bem como críticas ao uso de agrotóxicos para controlar surtos, citando impactos socioambientais, bem como interesses mercadológicos e a eficiência, apenas a curto prazo.

É perceptível uma evolução do grupo no que tange a essas conexões na medida em que percebem relações de poder e interesses particulares envolvendo CTSA, conforme podemos observar nos fragmentos a seguir.

> *Será que só a limpeza do quintal? Será que a dedetização e o mosquito transgênico da dengue resolve? Será que o desmatamento não influencia? Não devemos pensar em resolver de imediato! A gente não pensa nos fatores políticos e no interesse do capitalismo com relação ao problema. A gente só pensava em sintomas e em como prevenir. Mas, e o governo? Será que o mosquito transgênico não tem relação com a microcefalia? Eu nunca pensei que o 'fumacê' pudesse fazer mal, nunca parei para pensar. Devemos instigar os alunos para pensarem. A gente sabe que a ciência tem interesses. Ela, o governo culpa a população. Ela não diz que o foco vai muito mais além. É*

> *muito mais fácil culpar os indivíduos, pôr o foco nas casas, do que parar para pensar em fatores ambientais que podem contribuir, como desmatamento também tem culpa, precisamos também melhorar o saneamento básico. A biotecnologia, empresa de Bil Gattes, faturou 18 milhões de euros na modificação genética do mosquito transgênico* (Grupo A).

> *A ciência trabalha muito com o imediato, então, surge um problema, ela vai lá e tenta achar uma solução; se não der certo, tiver problema, surgir com isso, outra doença, ela vai lá e inventa outra coisa, então ela trabalha muito com o capitalismo. Então, criam o mosquito transgênico, mas ele só vive no máximo 30 dias, então é uma coisa muito imediatista, mas de acabar com o foco não se fala* (Grupo A).

Segundo Merchán (2014), alcançar pensamento crítico envolve estar bem-informado, preparar-se para emitir juízos próprios, confrontar pontos de vista, indagar-se frente a problemas e ideologias, sendo que tal posicionamento permitirá ocupar espaços dialógicos e intervir de maneira socialmente responsável. É interessante observar que os alunos conseguiram identificar relações envolvendo aspectos econômicos, com influência decisiva nas opções tecnológicas, algo essencial quando pretendemos superar o mito da neutralidade da ciência, entendendo que os aparatos científicos e tecnológicos incorporam e materializam interesses e desejos de sociedades ou grupos hegemônicos, conforme nos alerta Auler (2002). As percepções dos alunos foram ainda além, pois identificaram que essas opções são definidas por grupos sociais específicos. Tal posicionamento sinaliza que já estão em curso práticas pedagógicas que trabalham o não silenciamento e a não neutralidade da ciência. São indícios promissores de que é possível, no ensino de Ciências, trabalhar a perspectiva de uma participação ampliada em processos decisórios.

Conforme podemos observar na figura anterior, ao final do curso, o grupo conseguiu estabelecer muito mais relações entre os campos CTSA, o que indica a formação de um pensamento mais complexo, crítico e político frente ao tema estudado. O grupo conseguiu relacionar

o problema central com interesses particulares, reconhecer relações de poder e questionar a superioridade da ciência e da tecnologia, pois atribuiu a proliferação do mosquito da dengue não só a fatores voltados para ações individuais, mas também ao modelo de agricultura, ao processo desordenado de urbanização, ao crescimento do setor automobilístico, ao desmatamento e às mudanças climáticas. Com isso, o grupo adquiriu uma formação mais ampla e crítica sobre o problema, a partir da mobilização dos elementos CTSA. Podemos notar que a pedagogia crítica trouxe contribuições importantes para a abordagem CTSA de uma perspectiva freiriana, pois permitiu entender a ciência como um empreendimento cultural que não busca verdades absolutas, únicas, porque é um processo de construção permanente (Santos; Mortimer, 2002). Essa perspectiva permite que os(as) alunos(as) se preparem para refletir e atuar frente aos problemas ambientais, sendo uma possibilidade de educação para a sustentabilidade (Torres, 2010).

Jiménez-Aleixandre e demais autores (2004) afirmam que o propósito do uso de QSC é promover nos(as) estudantes o conhecimento de questões controversas para desenvolver o exercício do pensamento crítico. As QSCs, quando contextualizadas na realidade, permitem ao(à) estudante reconhecer sua validade e importância, conforme afirmam Sadler e Donnelly (2004). Uma maneira de promover a relevância da QSC, aproximando-a, da vida real, é utilizando pressupostos da pedagogia freiriana, buscando partir de problemas sociocientíficos controversos locais. Acreditamos que, quanto mais relações CTSA os(as) estudantes conseguem mobilizar, maior pode ser a contribuição dessas articulações para a ampliação da formação política e crítica dos(as) estudantes.

Os trechos apresentados anteriormente mostram uma diversidade significativa de elementos CTSA mobilizados, o que nos indica que os alunos ampliaram o seu olhar sobre o problema e que, por isso, podem participar de discussões e desenvolver ações responsáveis acerca do problema estudado. Conforme nos alerta Freire (1921, p. 26), "quanto mais profundamente se conhece o problema, mais se penetra na essência fenomênica do objeto", o que permite o envolvimento de

fato na práxis, como um intelectual ativo, assumindo-se como sujeito histórico, que faz e refaz o mundo. No fragmento que será apresentado em seguida, podemos observar que, a partir do entendimento complexo do tema, o grupo repensa a maneira de trabalhá-lo, indicando uma tendência para formas mais críticas e reflexivas.

> *Depois da disciplina, eu fiquei pensando como seria interessante levar esses questionamentos, essa forma pensar, mais do que aquele conhecimento: 'ah, o que é a dengue e acabou', para os alunos, mas fazer eles pensarem, fazer outras relações, outros links, isso seria muito interessante!* (Grupo A).

Quadro 7 – Componentes dos domínios CTSA articulados no processo de elaboração e apresentação da QSC, no início e no final da disciplina

DIMENSÕES	***SCRIPT* INICIAL**	***SCRIPT* FINAL**
Ciência	Definição de saneamento e relação entre saneamento e doenças.	Definição saneamento e relação entre saneamento e doenças; reprodução e ciclo de vida do mosquito; sintomas da dengue; relações entre clima e proliferação da dengue; causas do desmatamento/crítica ao salvacionismo científico e tecnológico; neutralidade da ciência; crítica ao modelo linear entre CTSA/crítica ao determinismo científico.
Tecnologia	Não foi observado.	Mosquito transgênico – possíveis desdobramentos negativos na natureza/crítica ao salvacionismo científico e tecnológico/papel da indústria automobilística no avanço da doença/crítica a práticas imediatistas no combate como a dedetização.

DIMENSÕES	*SCRIPT* INICIAL	*SCRIPT* FINAL
Sociedade	Papel individual e coletivo no controle da dengue/predomínio de enfrentamento comportamental.	Participação pública na ciência; cobrança de direitos ao poder público; impactos socioambientais para diferentes grupos sociais/importância do papel do catador e vulnerabilidade social/consciência do seu papel individual/predomínio de enfrentamento socioecológico.
Ambiente	Má disposição do lixo e surgimento de doenças/predomínio de visão biomédica.	Má disposição do lixo e surgimento de doenças; relação entre desmatamento e dengue; mudanças climáticas e proliferação de doenças; relação entre agronegócio e desmatamento/predomínio de visão socioecológica.

Fonte: elaborado pela autora.

A identificação e o envolvimento dos(as) estudantes com o tema ajuda no processo de construção do sujeito cidadão, preocupado com a sua realidade e com as suas habilidades docentes, podendo desenvolver empatia, sentimento de pertencimento e responsabilidade social, além da capacidade de participar de tomada de decisões com implicações individuais e coletivas (Bencze; Alsop, 2014; Kahn; Zeidler, 2016). O grupo gerou, através da problematização temática, a consciência sobre si, sobre o seu papel transformador da realidade, e a consciência da realidade, que é histórica, problemática e construída por nós, de maneira constante, por meio do envolvimento na luta e de ações, traduzidas mediante transformação da realidade (Freire, 1987). Para nós, os resultados construídos por esse grupo anunciam a formação de uma percepção utópica, a qual é essencial nos processos de transformação da sociedade. Para sermos utópicos, é preciso que saibamos com profundidade o quão problemática está sendo a realidade a ser modificada e como ela se vincula ao sistema capitalista desumano, portanto, para ser utópico necessitamos de pensamento crítico.

Concebemos que o ensino de Ciências Naturais deve abarcar uma formação de conceitos científicos e deve atrelar, ainda, esses conceitos a outras áreas de conhecimento (Freire, 1967; Krasilchik, 2000). Acreditamos em propostas de ensino em que o(a) aluno(a) seja ativo(a), construtor(a) de conhecimentos, já que ele(a) é parte da sociedade e cultura. Além disso, acreditamos que devemos incorporar em nossas práticas educativas espaços e momentos em que os(as) alunos(as) possam alcançar objetivos de aprendizagem na dimensão procedimental dos conteúdos, ou seja, aprimorar capacidades para agir, organizar procedimentos, executar técnicas, aplicar métodos e solucionar problemas (Conrado; Nunes-Neto, 2018).

Adicionalmente, para que possamos contribuir com a construção de uma sociedade socioambientalmente justa, equitativa e crítica, devemos pensar no desenvolvimento de valores e atitudes que contribuam com a formação cidadã dos(as) alunos(as). Bourdieu (2007), Freire (1986) e outros autores discutem que a educação pode exercer diferentes papéis/funções na sociedade, desde a formação de sujeitos questionadores a indivíduos que não refletem sobre as condições de desigualdade em que vivem. Para Fourez (1995), o ensino de Ciências parece que serve mais para que os alunos mergulhem no cotidiano dos cientistas do que ajudar os jovens a entender e explorar o mundo em que vivem. Nesse contexto, temos as tendências educacionais que promovem a reprodução do sistema de conhecimentos e ideologias, bem como aquelas voltadas para a transformação da sociedade. Nessa perspectiva, buscamos implementar práticas de ensino capazes de tornar a escola um espaço de formação científica e política, em que os(as) educandos(as) possam avaliar criticamente os impactos da ciência e da tecnologia de modo local e global, tornando-se seres reflexivos orgânicos, problematizando as desigualdades sociais e a partilha dos benefícios e malefícios produzidos pela sociedade moderna (Conrado, 2017).

No *script* inicial, os objetivos conceituais discutidos pelo grupo foram: o conceito de saneamento básico, as doenças que podem ser causadas pela falta de saneamento básico, além de terem buscado dis-

cutir como, individualmente, podemos evitar a proliferação do mosquito, através do cuidado com a lixo. Observamos que os conteúdos elencados priorizam apenas a aprendizagem de conceitos que muito dificilmente possibilitariam uma compreensão crítica e científica sobre o problema da proliferação da dengue e do saneamento básico. No *script* inicial, os estudantes mobilizam conceitos como: definição de saneamento básico e consequências da falta de saneamento básico para a saúde, citando doenças que podem ser causadas, conforme poderemos observar no fragmento a seguir:

> *saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social, segundo a OMS* (Grupo A).

E ainda:

> *A falta de tratamento de esgoto pode causar a transmissão de doenças como: hepatite A, febre tifoide, malária, diarreia, cólera, febre amarela, amebíase e, a como foi dado exemplo anteriormente, dengue* (Grupo A).

O grupo mobilizou conteúdos procedimentais como: leitura e discussão do caso, bem como foi solicitado que os alunos respondessem a um questionário sobre o assunto que envolve habilidades de comunicação verbal e escrita. Os objetivos de aprendizagem atitudinais postos em prática no *script* estiveram relacionados à conscientização quanto ao estabelecimento de normas e atitudes condizentes com o bem-estar da comunidade. A cobrança por maiores esclarecimentos do poder público quanto à existência de saneamento básico, bem como o papel das pessoas no enfrentamento do problema, pode ser considerada como uma dimensão atitudinal mobilizada, conforme poderemos observar a seguir:

> *todos nós que estamos aqui devemos nos conscientizar e também conscientizar os nossos pais, nossas mães, nossos irmãos e irmãs,*

> *nossos vizinhos, dentre outros, para cuidarem de suas ruas, procurarem os governantes para ir em busca de melhorias* (Grupo A).

E ainda:

> *Vocês, o que fariam para amenizar ou radicalizar essa situação? Sim, uma boa atitude que pode ajudar muito é não jogar lixos nas ruas* (Grupo A).

No *script* inicial, o objetivo de aprendizagem atitudinal citado foi: utilizar imagens e vídeos dos locais onde encontra-se esgoto exposto como forma de impactar e alertar os(as) alunos(as), como também a comunidade, sobre os riscos que eles(as) correm por estarem em contato com esse esgoto. Porém, este não foi discutido no *script* descritivo. Percebemos uma nítida dificuldade em elaborar e discutir essa modalidade de objetivo, o que melhora na versão final.

Na versão final do *script*, bem como nos áudios analisados, observamos um interessante avanço do grupo. No que se refere aos objetivos conceituais discutidos, buscaram identificar os conhecimentos prévios dos(as) educandos(as) sobre a dengue, os sintomas da dengue, os processos de ovulação e proliferação do mosquito transmissor, os riscos que os esgotos a céu aberto trazem à saúde da sociedade e para o ambiente; eficácia dos meios de combate da dengue, como os mosquitos transgênicos e a dedetização; a relação entre desmatamento e proliferação de arboviroses como a dengue; a importância do saneamento básico para evitar a proliferação da doença; as influências ambientais, econômicas e comportamentais no surgimento e na disseminação da doença; as classes sociais mais vulneráveis à falta de saneamento básico e consequentemente a doenças como a dengue; o salvacionismo científico e tecnológico na resolução de problemas de saúde causados pela falta de saneamento básico; relações entre o crescimento automobilístico e a dengue, bem como as relações entre o processo de urbanização e a doença. Observamos, nessa versão, objetivos de aprendizagem conceituais que condizem com uma abordagem de QSC, voltados para a construção de visão crítica e científica sobre o

problema, abarcando-o de forma integral, uma vez que foram discutidos aspectos relativos tanto à dengue, quanto aos fatores socioambientais, políticos e econômicos que são responsáveis pelo aumento da proliferação do mosquito.

Segundo Gomes (2017), os discursos existentes sobre a prevenção e o controle de arboviroses são muitas vezes pautados em saídas milagrosas com base na ciência e na tecnologia, como o uso de mosquitos transgênicos, a dedetização, o uso de inseticidas, com foco em ações individuais. Problemas sociais como a ausência de saneamento básico para muitos grupos sociais, o desmatamento, o aquecimento global, os processos de urbanização e de crescimento da indústria automobilística pouco são problematizados. Dessa forma, coloca-se o foco nas ações individuais e são minimizados os interesses particulares que envolvem fatores que causam ou agravam o problema. Tais argumentos poderiam dificultar a tomada de posicionamento consciente por parte dos(as) professores(as) em formação caso o tema não fosse estudado de maneira a questionar a influência ideológica existente nos discursos que negam o papel da política e da economia quando não são orientadas por uma ética que visa o bem-estar social, no agravamento de doenças.

Segundo a Abrasco (Reis, 2016), a relação entre a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* e a precariedade dos serviços públicos de saneamento básico pode ser considerada quando as altas taxas de dengue, zika e chickungunya prevalecem nas regiões mais pobres e precárias do país. Essa realidade atinge principalmente as áreas de populações pobres e periféricas do país, e evidencia o descaso de décadas do poder público com políticas de promoção da saúde, prevenção e a efetiva erradicação de doenças. Tauil (2001) aponta o crescimento urbano, o aumento da densidade demográfica, a ausência de saneamento básico, incluindo a coleta de lixo e abastecimento de água inadequados nas periferias, bem como o crescimento da indústria automobilística – causando o aumento de criadouros – como alguns dos responsáveis pela manutenção dessa epidemia. Além disso, para Tauil (2001, p. 100),

> Associada a esta situação, o sistema produtivo industrial moderno, que produz uma grande quantidade de recipientes descartáveis, entre plásticos, latas e outros materiais, cujo destino inadequado, abandonados em quintais, ao longo das vias públicas, nas praias e em terrenos baldios, também contribui para a proliferação do inseto transmissor da dengue.

No fragmento abaixo, podemos observar a preocupação do grupo em desvelar situações que impedem o pensamento mais aprofundado e reflexivo acerca do problema, trazendo aspectos políticos que precisam ser objetos de reflexão na sala de aula, transcendendo situações-limite:

> *Sim, crianças, esse método não garante uma total erradicação do mosquito. Para minimizar mais ainda esse problema do saneamento básico e da proliferação do mosquito e de outras doenças é que todos nós que estamos aqui devemos, primeiramente e acima de tudo, nos conscientizar e também conscientizar os nossos pais, nossas mães, nossos irmãos e irmãs, nossos vizinhos, dentre outros, para cuidarem de suas ruas, procurarem os governantes para ir em busca de melhoras, pois eles devem entender que a culpa não é apenas dos moradores e sim, principalmente, de seus governantes, pois é um dever do município proporcionar uma melhor qualidade de vida no que se diz respeito à limpeza e organização da cidade ao todo, não apenas em algumas ruas, mais sim no centro como também em suas periferias* (Grupo A).

As dimensões procedimentais citadas na proposta inicial foram: identificar ações que devemos adotar para acabar com ou minimizar o mosquito da dengue; e identificar os principais riscos que o esgoto a céu aberto oferece à saúde da população por meio de vídeo explicativo e imagens. No entanto, nenhum dos objetivos procedimentais mencionados foram de fato discutidos nesta versão do *script* descritivo. Na versão final, os estudantes mantiveram apenas dois objetivos procedimentais, a saber: identificar ações que devemos adotar para minimizar a proliferação do mosquito da dengue; elaborar um quadro dos sinais e sintomas da doença. Os objetivos procedimentais de fato

desenvolvidos pelos alunos no *script* descritivo foram a construção do quadro com sintomas sobre a dengue e a elaboração de texto sobre como podemos combatê-la.

Observamos que os alunos apresentaram muita dificuldade em compreender e organizar os objetivos de aprendizagem, confundindo os objetivos procedimentais com as ações que o professor deve desenvolver em sala de aula. Os(as) alunos(as) têm dificuldade em modificar o foco da aula, ao planejarem as ações a serem desenvolvidas para pôr em prática os objetivos de aprendizagem procedimentais. Acreditamos que essa dificuldade, pelo menos em parte, pode ser sinal das influências formativas que tiveram ao longo da vida escolar, dificultando a construção de metodologias de ensino mais ativas, reproduzindo o ensino focado em fatos e conceitos. Segundo Xavier e demais autores (2017), nas aulas de Ciências, são privilegiados conteúdos conceituais em detrimento da tridimensionalidade dos conteúdos, negligenciando as dimensões procedimentais e atitudinais. No Brasil, o principal documento norteador que discute e defende a inserção dessa tridimensionalidade de conteúdos no ensino de Ciências são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1998). Segundo Xavier e demais autores (2017), apesar de os PCNs defenderem há 17 anos o uso das dimensões CPA no ensino de Ciências, poucos trabalhos abordam essas dimensões.

Assim, na versão final, o grupo apresenta os seguintes objetivos de aprendizagem atitudinais: sensibilizar-se sobre a importância de ações individuais e seus reflexos na comunidade, de modo a reduzir ao máximo os focos de propagação das doenças; refletir sobre as causas da falta de investimento nas pequenas cidades e sobre as consequências das mudanças nos cenários político e econômico; refletir sobre a eficácia das ações do governo como forma de combater o mosquito da dengue; refletir sobre a causa da falta de saneamento básico nas pequenas cidades e principalmente nos bairros periféricos; alertar os(as) alunos(as), como também a comunidade, sobre os riscos que eles(as) correm por estarem em contato com esse esgoto. Todos os objetivos atitudinais acima foram alcançados no discurso do *script* final.

Observamos que, nessa versão final, o grupo apresenta objetivos atitudinais condizentes com uma abordagem um pouco mais reflexiva, em comparação com a versão inicial, uma vez que foi possível constatar um olhar mais amplo sobre o que causa a proliferação do mosquito, citando aspectos socioambientais, políticos e econômicos que muito dificilmente são vistos nos livros didáticos de Ciências Naturais, permitindo-lhes questionar medidas salvacionistas pautadas na ciência e tecnologia em detrimento da resolução de questões socioambientais que causam o problema. Há, na descrição do *script*, momentos em que os(as) licenciandos(as) direcionam a aula para uma atividade sociopolítica de conscientização. Assim, consideramos que houve a construção de atividades sociopolíticas de conscientização, mas não de ações sociopolíticas. De acordo com Hodson (2011), existe diferença entre uma ação e uma atividade. Enquanto as ações devem ser focadas em soluções de problema ou dirigidos à mudança das condições ou circunstâncias que levaram ao problema, as atividades envolvem apenas a tomada de consciência sobre a existência de determinado problema ou sobre a necessidade de resolvê-los.

Concluímos que as dimensões mobilizadas foram suficientes para a construção de ações sociopolíticas e para uma formação cidadã capaz de permitir a tomada de decisão socialmente responsável perante o problema em foco. Os(as) licenciandos(as) compreenderam o problema e seus condicionantes sociais, políticos, econômicos e ideológicos, mas entenderam também a importância das atividades individuais para o combate e resolução do problema, buscando ler e compreender de forma crítica a partir de uma grande variedade de fontes de informações. Segundo Freire (1968) e Torres e Solbes (2018), para que um indivíduo alcance o pensamento crítico e assim possa agir na sociedade, é preciso a compreensão ampla dos mais variados aspectos que influenciam aquele problema. Nesse caso, podemos observar que foram discutidos aspectos relacionados à natureza da ciência, ao impacto da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente, aos interesses que envolvem o salvacionismo científico e tecnológico por meio do mosquito transgênico e da dedetização, indo de encontro a

discursos dominantes, na medida em que buscaram novas fontes de informação, levando à construção de uma conscientização mais ampla e reflexiva sobre o saneamento básico e suas implicações na proliferação da dengue, em âmbito individual e político. Freire (1995) afirma que ensinar exige pesquisa. Acreditamos que o desenvolvimento da atividade de pesquisa para a construção do *script* descritivo foi muito positivo para a promoção da autonomia dos educandos. Através da pesquisa, foi possível avançar a partir de uma consciência real efetiva em direção a uma consciência máxima possível.

DESMATAMENTO E SECA DO RIO JIQUIRIÇÁ

efeitos socioambientais para diferentes grupos sociais

Analisando o grupo que abordou o tema "Desmatamento e seca do Rio Jiquiriçá: efeitos socioambientais para diferentes grupos sociais", com relação à primeira unidade de análise, que se refere à apropriação da abordagem QSC em um caso controverso, questões norteadoras, objetivos de aprendizagem, consideramos que os elementos centrais para a constituição da QSC não foram apresentados de maneira satisfatória. O caso apresentado no *script* inicial apresentou uma controvérsia, ligada aos variados interesses pelo desmatamento e pela preservação da região do Vale do Jiquiriçá, que consideramos positiva, uma vez que um enredo que aborda diferentes pontos de vista e interesses sobre um tema torna mais atraente a abordagem do caso em sala de aula. Segundo Zeidler e demais autores (2005), além de permitir a aproximação com diferentes percepções e pontos de vista sobre o problema, o caso deve possibilitar a aproximação do tema controverso à realidade dos(as) estudantes, contribuindo para o seu engajamento. Zeidler e demais autores (2005) discutem o papel das emoções no raciocínio informal sobre QSC, sendo que, em seus estudos, os(as) participantes exibiram ativamente sentimento de empatia em relação a personagens fictícios descritos em cenários envolvendo amigos(as), familiares e conhecidos(as), vivenciando situações relacionadas a esses cenários.

Quanto aos objetivos de aprendizagem elencados na versão inicial do *script*, observamos que eles abrangiam apenas questões centrais sobre o tema, sem uma pretensão em aprofundar aspectos do problema de maneira crítica. Assim, essa versão envolveu as causas do desmatamento e o conceito de mata ciliar. Os objetivos procedimentais se limitaram a identificar as causas do desmatamento na região e os atitudinais foram mais amplos, apresentando aspectos como: despertar nos(as) alunos(as) o interesse por ações como o reflorestamento; conhecer e participar de ações de preservação e combate ao desmatamento; e desenvolver pensamento crítico e político acerca do problema causado pela degradação ambiental. Gostaríamos de salientar que os(as) alunos(as) foram orientados(as), na elaboração das questões norteadoras e dos objetivos de aprendizagem, a manter a coerência entre esses dois elementos e o caso. No entanto, nem sempre essa coerência foi mantida, em especial quando tratávamos da elaboração dos objetivos procedimentais, uma vez que os(as) estudantes possuíam dificuldades em se apropriar dessa perspectiva teórico-metodológica; mais uma vez, a ideia de o professor ser o protagonista dos processos de ensino e aprendizagem leva os licenciandos a sempre pensarem os objetivos procedimentais como tarefa do professor.

Consideramos esse efeito como reflexo da educação tradicional e conteudista que ainda permeia os espaços de formação de professores(as), sendo necessárias, portanto, intervenções que problematizem essa tendência, em direção à construção de práticas de ensino dialogadas e promotoras da autonomia dos(as) estudantes. Durante as correções dos *scripts*, tivemos a oportunidade de levar os(as) estudantes à reflexão sobre a necessidade de pensarmos práticas pedagógicas que ponham os(as) alunos(as) como seres pensantes, cognoscentes, mas, ainda assim, detectamos ainda muitos erros na elaboração desses objetivos, uma vez que os(as) estudantes sempre elaboravam objetivos de ensino, e não de aprendizagem. Os objetivos de aprendizagem citados na versão final do *script* pelos(as) estudantes foram os seguintes:

Conceituais: analisar os impactos socioambientais que o desmatamento e as queimadas vêm causando no meio ambiente no Vale de Jiquiriçá, como também na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica; refletir sobre as grandes áreas agrícolas e industriais que vêm causando desmatamento na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica; analisar os principais fatores que causam o desmatamento; compreender os conceitos trazidos no caso e fazer com que os(as) alunos(as) percebam os reais impactos que o desmatamento pode causar; compreender qual a função da mata ciliar e sua importância para a manutenção do ecossistema; compreender as regras do código florestal e os interesses políticos e econômicos que levaram à sua aprovação; reconhecer a importância dos conhecimentos tradicionais e científicos para a preservação da natureza. Procedimentais: analisar a relação entre desmatamento e agronegócio; construir argumentos sobre a importância da mata para a produção de água; identificar fatores políticos e econômicos que interferem no desmatamento.

Percebemos, nesse caso, que, apesar de os objetivos procedimentais estarem descritos do ponto de vista dos(as) alunos(as), esses objetivos não são suficientes para o alcance de uma abordagem de ensino de fato contextualizada com os pressupostos teóricos adotados nesta pesquisa. No entanto, consideramos a menção ao agronegócio, bem como a fatores políticos que estão envolvidos no desmatamento, como o início de uma abordagem que se pretende crítica e reflexiva. Salientamos, entretanto, que isso, em parte, deve-se ao fato de que, devido ao público ao qual estaria sendo direcionada a SD, muitos grupos sentiam a necessidade de delimitar o tema de acordo com a faixa etária e série dos(as) alunos(as).

Os objetivos de aprendizagem atitudinais citados pelos grupos foram: despertar no aluno interesse por ações como o reflorestamento; conhecer a importância de ações para a preservação e combate ao desmatamento; reconhecer o papel da floresta para a população que vive nela; desenvolver pensamento crítico e político acerca do problema

causado pela degradação ambiental; reconhecer a necessidade de controlar o desperdício de água. Percebemos, nesse caso, que, entre os objetivos atitudinais, surgem também objetivos de cunho conceitual. Os objetivos atitudinais que foram citados apresentam um potencial significativo, tendo em vista a formação moral e ética dos(as) estudantes. No quadro abaixo, apresentamos os objetivos de aprendizagem abordados pelo grupo observados nas versões inicial e final do *script* descritivo.

Quadro 8 – Componentes das dimensões CPA articuladas no processo de elaboração e apresentação da QSC no início e no final da disciplina, sobre o tema "desmatamento"

DIMENSÕES DO CONTEÚDO	***SCRIPT* INICIAL**	***SCRIPT* FINAL**
Conceituais	Função da mata ciliar, fatores que causam desmatamento, código florestal; importância ambiental da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica.	Função da mata ciliar (filtração da água, evitar o assoreamento do rio, manter a qualidade da água, amenizar impacto das chuvas no solo, favorecendo o escoamento da água); fatores que causam desmatamento (mineração, agronegócio, agricultura, agropecuária, urbanização), código florestal; importância ambiental da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica; impactos socioambientais das queimadas e do desmatamento na região (impactos no solo e biodiversidade, impactos da agricultura e indústria no desmatamento); regras, limitações e interesses particulares do código florestal; importância dos conhecimentos científicos e tradicionais para a preservação da natureza; relação entre desmatamento e surtos de arboviroses; conceito de Agrofloresta como forma de integração entre floresta e agropecuária/ agricultura; importância da Mata atlântica para o Brasil (clima, solo, biodiversidade, cultura); desmatamento na Amazônia x interesses particulares; rios voadores, estabilidade do clima; processo de evapotranspiração e ciclo da água.
Procedimentais	Investigar as causas do desmatamento.	Analisar a relação entre desmatamento e agronegócio; construir argumentos sobre a importância da mata para a produção de água; identificar fatores políticos e econômicos que interferem no desmatamento.
Atitudinais	Despertar interesses por ações de reflorestamento e de combate ao desmatamento; reconhecer o papel da floresta para as comunidades; desenvolver pensamento crítico, combater o desperdício de água.	Despertar no aluno interesse por ações como o reflorestamento; conhecer a importância de ações para a preservação e combate ao desmatamento; reconhecer o papel da floresta para a população que vive nela; desenvolver pensamento crítico e político acerca do problema causado pela degradação ambiental; reconhecer a necessidade de controlar o desperdício de água; reconhecer a importância das Matas Atlântica e Amazônica para a humanidade e para os animais; reconhecer o potencial da Agrofloresta na criação de animais e produção de alimentos.

Fonte: elaborado pela autora.

Os(as) estudantes apresentaram grandes evoluções no decorrer do curso, a partir da terceira versão do *script* descritivo e ao final, construindo uma QSC que atendia em grande parte aos critérios de avaliação preestabelecidos durante a pesquisa. O grupo apresentou um caso controverso sobre o tema, o que é importante do ponto de vista didático, uma vez que, por meio do caso controverso, pode-se explicitar diferentes pontos de vista, interpretações, crenças e juízos de valor sobre o problema, além de permitir a aproximação dos(as) estudantes com o tema, incentivando o engajamento para o estudo do caso (Conrado, 2017; Zeidler *et al.*, 2005).

As questões norteadoras permitiram, inicialmente, a não subutilização do caso e, em seguida, no decorrer da discussão da QSC, a mobilização de diferentes análises sobre os mais variados aspectos da QSC, direcionando a atenção dos(as) estudantes para a natureza do problema a ser trabalhado (Conrado, 2017; Fullick; Ratcliffe, 1996). As primeiras questões norteadoras elaboradas pelo grupo permitiriam a utilização do caso, buscando acessar conhecimentos prévios dos(as) alunos(as), bem como as primeiras interpretações e pontos de vista sobre o tema. As demais questões permitiriam a discussão de aspectos centrais sobre o tema, mas não eram questões de natureza muito reflexiva, pois apresentavam mais cunho retórico. No entanto, consideramos que foi possível, a partir delas, alcançar resultados importantes para a formação científica e crítica dos(as) alunos(as). Não foram elaboradas questões norteadoras na versão inicial do *script* descritivo, o que já foi constatado a partir da segunda versão do *script*, a saber: vocês concordam com a atitude de Francisco ou João? Por quê? Quais fatores ocasionam o desmatamento? A falta de água está relacionada com o desmatamento? É possível desmatar sem causar impactos ambientais? É possível desmatar sem causar malefícios para a sociedade? O que é essa mata ciliar? Qual sua função? Será que existe uma maneira de explorar as matas sem destruí-las? Quais são as principais causas da falta de água? O que é código florestal? Qual a importância das matas para a qualidade das águas?

As questões norteadoras apresentadas permitem utilizar o caso, no entanto, elas também apresentam pouca capacidade de acionar processos reflexivos.

Na versão final do *script*, questões interessantes foram adicionadas, a saber: qual a relação da tecnologia com o desmatamento? Quem consome mais água na sociedade? Quais os princípios políticos e econômicos defendidos pelo código florestal?

É importante salientar que, apesar da dificuldade em elaborar as questões norteadoras, a discussão da QSC não foi limitada à elaboração prévia dessas questões. Assim, detectamos a presença de reflexões críticas sobre variados aspectos do tema, evidenciadas no *script* e na fala dos(as) integrantes do grupo. Uma das integrantes do grupo emitiu sua opinião sobre a metodologia adotada na disciplina, como poderemos observar a seguir:

> *A proposta de hoje é a confecção de um caso, a partir da temática encontrada na entrevista, a qual é desmatamento, sendo de extrema importância para a nossa formação, a qual se dá de maneira continuada, sendo um processo adquirido ao longo do semestre* (Grupo C).

> *Quanto à elaboração da questão sociocientífica, ela se deu até o momento em que não conseguia ter o entendimento sobre o quanto a ciência abrange diversos conteúdos, pois só conseguia pensá-la através de um tema relacionado a natureza e laboratório. Após as aulas e durante o processo de elaboração, fui percebendo o quanto ela é ampla e daí então foi se tornando mais fácil* (Grupo C).

Observamos que o conjunto das questões acima permite a mobilização de conceitos importantes no que tange à formação crítica e humanística a partir do tema, mostrando a potencialidade que ele possui em mobilizar essas dimensões que muitas vezes são negadas ao ensino de Ciências Naturais. O tema apresenta uma alta complexidade, atendendo às necessidades formativas para o professor de Ciências Naturais, indo além da formação conceitual desinteressada

da realidade em que vivem esses(as) alunos(as). Nessa perspectiva, o tema tem o potencial de despertar um ativismo sociopolítico e discussões acerca de mudanças de posturas com relação a hábitos alimentares que possam vir a potencializar os efeitos do desmatamento, contribuindo, portanto, para a formação do pensamento crítico dos(as) estudantes.

Tendo em vista o contexto socioambiental brasileiro, faz-se necessária a discussão de temas existentes na realidade que envolvem aspectos ambientais, científicos, tecnológicos e sociais. O ensino de Ciências deve estar atento para preparar os educandos para resolverem problemas da sua realidade, entendendo-a e intervindo nela (Martínez-Pérez, 2012; Santos, 2009; Vissicaro; Figueirôa; Araújo, 2016). Segundo Von Linsingen (2018), a educação em ciências e tecnologia contribui de maneira significativa para a formação de uma sociedade democrática, uma vez que, à medida que temas de interesse local vão surgindo, incorporam-se saberes tradicionais, da realidade regional, a partir da experiência. Com isso, esses saberes vão sendo reconhecidos como válidos, "[...] diminuindo a distância, e reduzindo a verticalidade nas relações de saber/poder, a percepção de neutralidade da ciência e de autonomia da tecnologia" (Von Linsingen, 2018, p. 11). Freire (1995) defende que educar exige apreensão da realidade, sendo que, para o autor, devemos aprender não apenas para nos adaptar, mas para modificar a realidade, para intervir nela, recriando-a. Segundo Vissicaro, Figueirôa e Araújo (2016), em pesquisa com QSC a partir do tema "água" nos anos iniciais do ensino fundamental, foi possível o alcance de pensamento crítico dos estudantes do ensino fundamental. No entanto, os autores apontam desafios para o(a) professor(a) polivalente, os quais demandam uma formação ampla e profunda sobre QSC da atualidade.

Silva e Strieder (2017, p. 18), ao abordar o tema "água", na perspectiva CTS, destacam as seguintes contribuições: "[...] relações entre o conteúdo científico escolar e a realidade dos alunos; reflexões sobre as contradições e relações de poder envolvidas na questão da falta de água no bairro; e a realização de ações de intervenção na realidade". Comple-

mentando esses achados, de acordo com os dados apresentados pela nossa pesquisa, observamos a grande potencialidade que o tema possui para a formação científica dos(as) estudantes, tendo em vista que foi possível mobilizar conteúdos essenciais para a formação em Ciências Naturais do pedagogo, desde aspectos epistemológicos referentes à produção do conhecimento científico e tecnológico, até aspectos políticos e econômicos que envolvem o desmatamento no Brasil.

Quanto à apropriação da perspectiva freiriana, na versão inicial do *script*, foi possível observar uma pequena aproximação, uma vez que o grupo buscou encontrar um tema significativo na comunidade local, procurando analisar contradições existenciais vividas pela comunidade com relação ao tema, quanto ao desmatamento e seus efeitos na disponibilidade da água, bem como os principais responsáveis pelo seu consumo e poluição. Podemos observar uma tentativa de discussão desses aspectos no fragmento a seguir:

> *De acordo com as respostas das crianças, faremos algumas intervenções a respeito da falta de água, do desperdício, da importância da preservação dos rios, da relação entre rio e matas ciliares e faremos uma ponte para uma abordagem mais crítica sobre o código florestal e quais os princípios ecológicos, econômicos e políticos que ele defende. Quem são os maiores responsáveis pela degradação do meio ambiente e por que essas pessoas fazem isso* (Grupo C).

O grupo buscou, de maneira bastante incipiente, aproximar-se dos conhecimentos prévios dos(as) alunos(as), utilizando linguagem apropriada, diferentes recursos didáticos – imagens, vídeos, maquete – e adotou postura de empatia à situação dos(as) alunos(as), na medida em que o grupo parte de uma problemática que afeta diretamente a saúde e o bem-estar social dos(as) alunos(as) e sua comunidade, apresentando-se disponíveis para o diálogo. Trazemos para a discussão a fala de Freire (1995), ao afirmar que ensinar exige querer bem aos(às) educandos(as), o que expressa a necessidade de afetividade na relação educador(a) educando(a), ciente de que a afetividade não se acha excluída da cognoscibilidade. Kahn e Zeidler (2016) consideram que a

dimensão da empatia, importar-se como os outros sentem ou percebem determinado problema são elementos que refletem a tomada de posição e que contribuem com o desenvolvimento cognitivo.

Na última versão do *script*, pode-se observar, de acordo com critérios preestabelecidos, a apropriação de mais aspectos relacionados à pedagogia freiriana. A partir do *script*, o grupo faz questionamentos aos(às) estudantes, procurando se aproximar dos seus conhecimentos prévios, e contextualiza o assunto, não só citando o problema que existe no contexto, mas, de fato, aprofundando a discussão das contradições, desigualdades e condições desumanas em que vivem determinados grupos sociais, a partir da problemática estudada (Freire, 1995; Santos, 2009). Percebe-se também uma linguagem apropriada ao contexto da sala de aula, favorecendo a aproximação à linguagem formal, como podemos observar no fragmento a seguir retirado da versão final do *script*:

> *[...] E vocês sabem por que tem esse nome de 'mata ciliar'? Esse nome vem do fato de serem tão importantes para a proteção de rios e lagos como são os cílios para os nossos olhos* (Grupo C).

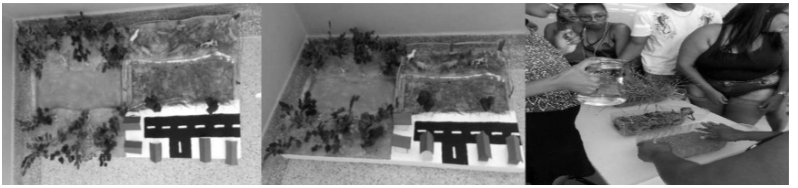
> *Aproximadamente abriga 849 espécies de aves, 370 espécies de anfíbios, (Amphi – significa dos dois lados/bio – vida: descrever no quadro) quem sabe o que é um anfíbio? São espécies que podem viver tanto na água quanto na terra, por isso o termo significa vida dos dois lados* (Grupo C).

Freire (1995, p. 47) discute a influência ideológica da linguagem, que, ao ser utilizada sob uma ideologia de opressão, "poderá penumbrar ou opacizar verdades, ao mesmo tempo que nos torna míopes". Assim, apresentar de maneira clara os sentidos das palavras pode permitir uma melhor compreensão dos conceitos científicos, aproximando os estudantes da ciência, contribuindo, ainda, para diminuir a distância entre a ciência produzida nos laboratórios e a sua aplicabilidade prática. Essa habilidade pode contribuir também para diminuir a verticalidade nas relações de saber/poder, que distanciam as pessoas

comuns da ciência e tecnologia, endossando modelos de decisões tecnocráticos e outros mitos que colocam a ciência em um pedestal epistemológico com relação a outros saberes e outras formas de explicar a natureza (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Santos, 2009).

Observamos também que o grupo utilizou diferentes recursos didáticos como: imagens, vídeos, o próprio caso, leitura e discussão de reportagens sobre o assunto, jogos e construção de maquete para exemplificar o papel da mata ciliar na produção e manutenção da qualidade da água, bem como os fatores que causam o desmatamento, permitindo a construção de diferentes possibilidades de compreensão do assunto. O grupo realizou um experimento no qual era possível observar o papel da mata ciliar na manutenção da qualidade da água e na filtração da água pelas raízes da vegetação (Figura 3).

Figura 3 – Maquete construída para demonstrar a importância da mata ciliar na produção e filtração da água



Fonte: arquivos da pesquisadora.

O grupo problematizou a visão elitista do(a) cientista, discutindo que todos(as) podem também ser cientistas, com isso encorajando os(as) estudantes por meio da desconstrução da imagem do(a) cientista como um ser humano incrivelmente genial. Acreditamos que esse tipo de desconstrução é algo crucial para o ensino de Ciências, pois permite o desenvolvimento de um espírito crítico com relação à própria ciência e ao cientista, algo que Freire (1995) vinha discutindo em suas obras acerca das relações de poder e interesses que envolvem a ciência, o cientista e a sociedade. Encorajar os alunos é apoiar a vocação ontológica do ser humano em ser gente, pois, como afirma Freire (1995), faz parte do processo de hominização a construção da curiosidade epistemológica. O grupo incentiva os(as) estudantes na

busca de informações, por meio de leitura de textos e reportagens, busca também construir uma reflexão profunda sobre o tema, discutindo os responsáveis pelo desmatamento, em escala local e global. No entanto, o grupo mantém uma imagem neutra da ciência e da tecnologia, como podemos observar no fragmento a seguir, retirado da versão final do *script* descritivo:

> *A tecnologia é outro fator que influencia no desmatamento e na falta de água. Vocês imaginam como a tecnologia está ligada a esses fatores? A tecnologia está sempre evoluindo, o que contribui para que máquinas estejam cada vez mais inovadas facilitando assim a ação humana contra a natureza. É importante esclarecer que a tecnologia não é ruim, só é preciso fazer o uso consciente dela para que não gere malefícios; a ciência ela tem um grande papel no aperfeiçoamento tecnológico* (Grupo C).

Observando a fala apresentada anteriormente, constatamos uma visão de que a ciência e a tecnologia são neutras, pois passa a ideia de que ambas são apenas artefatos cuja produção é livre de valores e que o problema seria apenas o uso que se faz deles. Observamos também o predomínio de uma visão negativa em relação à tecnologia e principalmente sobre o que ela de fato é, fazendo-se necessária a compreensão sobre a existência de uma epistemologia da tecnologia, a qual determina, em grande medida, o seu uso, que não depende unicamente de juízos de valor. É interessante observar, ainda, que a passagem "*a tecnologia está sempre evoluindo o que contribui para que máquinas estejam cada vez mais inovadas facilitando assim a ação humana contra a natureza*" pode indicar uma visão de que a tecnologia não tem benefícios, negando todas as modificações positivas já alcançadas por ela. A passagem em que o grupo afirma que "*a ciência ela tem um grande papel no aperfeiçoamento tecnológico*", pode indicar a percepção da tecnologia apenas como aplicação da ciência, enquanto ela tem a sua própria ontologia, é influenciada por valores e interesses particulares, não sendo autônoma aos interesses humanos, devendo-se, portanto,

reconhecer a relação de mutualidade entre ciência e tecnologia, sintetizada na denominação tecnociência (Bazzo *et al.*, 2003).

Quando consideramos a tecnologia como ciência aplicada, estamos reforçando um possível caráter neutro da ciência, pois, assim, os cientistas não poderiam ser responsabilizados pela sua aplicação prática. Essa responsabilidade deveria ser daqueles que fazem o uso da ciência aplicada, a tecnologia (Bazzo *et al.*, 2003). Essa forma de ver a tecnologia chama-se "imagem intelectualista da tecnologia". Nesse sentido, é importante ressaltar que "[...] o tecnológico não é só o que transforma e constrói a realidade física, mas também o que transforma e constrói a realidade social, sendo esta um sistema e não um artefato" (Bazzo *et al.*, 2003, p. 44).

Os(as) estudantes também problematizaram o uso do conhecimento tradicional pela ciência, discutindo a sua legitimidade e valorização para o enfrentamento de problemas ambientais, bem como questionando a superioridade da ciência com relação a outros saberes, como podemos observar no fragmento a seguir, retirado da versão final do *script* descritivo:

> *O conhecimento tradicional que não é valorizado pela ciência, mas, no entanto, se beneficiam desse saber, utiliza-se dele para se destacar perante a sociedade, pois quando esse saber está na mão da minoria, ele não é valorizado e reconhecido, mas quando passa a ser manipulado por uma marca, aí sim esse conhecimento passa a ser respeitado socialmente. O saber tradicional ou popular geralmente é utilizado por pessoas mais velhas ou índios que repassam esse saber a cada geração, fazendo com que não deixe de existir* (Grupo C).

> *O conhecimento científico se sobrepõe ao conhecimento tradicional, pois os conhecimentos tradicionais não são valorizados, por ser advindos dos saberes populares. Na minha opinião, não existe conhecimento superior ou inferior (porém se houvesse a aceitação e a junção para que ambas trabalhassem juntas, muitas questões já estariam resolvidas)* (Grupo C).

É interessante observar a visão crítica com relação à importância e a legitimidade do conhecimento tradicional, bem como quanto à não superioridade da ciência com relação a esses saberes. Segundo Baptista (2012), faz-se necessária a discussão sobre um ensino de Ciências que não supervalorize a ciência em detrimento dos saberes tradicionais dos(as) próprios(as) alunos(as). De acordo com Cobern (2004), é importante que haja a demarcação no ensino de Ciências, e não a anulação de seus saberes, já que os alunos devem compreender os conceitos científicos, os dominar, sem tê-los como válidos e verdadeiros em suas vidas. O ensino de Ciências deve estar comprometido com o pluralismo epistemológico na medida em que os(as) alunos(as) não devem ver a ciência como única forma de explicar a natureza, desconfiando dela, dos seus produtos e intenções, combatendo, dessa forma, o cientificismo, ao mesmo tempo em que em que reconheçam outras formas de produção de conhecimento e de explicação da natureza. Segundo Baptista (2012, p. 687), "[...] deve haver oportunidades para que os/as estudantes delimitem, isto é, reconheçam os domínios particulares do discurso em que as suas concepções e as ideias científicas tenham - cada qual no seu contexto - alcance e validade". Segundo Freire (1995), o processo educativo deveria valorizar os saberes vivenciados na prática social, os saberes da cultura popular, trazendo para o debate a questão epistemológica da legitimação social do saber popular que tem sido historicamente negada. Ainda, sobre a perspectiva freiriana, uma integrante do grupo faz uma excelente reflexão, como podemos observar a seguir:

> *É necessário pensarmos no processo de reflexão-ação que Paulo Freire traz, para refletir qual sociedade queremos. Uma sociedade desigual, individualista, onde cada um corre atrás dos seus próprios interesses, com melhorias de vida para si, ou uma sociedade que seja acessível a todos, em que todos juntos lutem pelo bem comum, e por uma única causa, o bem-estar social e ambiental, pois só estaremos bem socialmente quando o ambiente estiver equilibrado. Podemos pensar também sobre a escola que temos, individualista, discriminatória e excludente, e nas transformações que nós,*

> *enquanto professores, podemos promover com um ensino de Ciências que vise refletir acerca das degradações do meio ambiente (do que tínhamos e do que cada vez mais se perde) com o desmatamento, com a falta de saneamento, com a perda de biodiversidade, falta de alimentos orgânicos, produção desenfreada de lixo, entre outros. E relacionar por que em pleno século XXI ainda somos prejudicados, por que a ciência e a tecnologia ainda não descobriram uma forma de solucionar todos esses fatores e os prejuízos trazidos para a nossa sociedade. É importante enfatizar quais são os interesses existentes por trás desses fatores. Quais os reais interesses econômicos? E quem lucra? O ensino de Ciências deveria esquecer mais os livros didáticos e priorizar um ensino que desperte no aluno um pensamento crítico-reflexivo (Integrante do Grupo C).*

Vale destacar, ainda, no fragmento anterior, a visão redencionista, cientificista, atribuída à ciência pela integrante do grupo. Assim, mesmo diante de um discurso tão crítico, a ciência ainda é vista como redentora, capaz de solucionar todo e qualquer problema da humanidade, isto é, considerando ciência e tecnologia como suficientes, e desconsiderando o papel e a contribuição de outros setores da sociedade, como a própria cultura, hábitos e valores de uma comunidade. Essa ideia ignora o pressuposto de que existem relações sociais que concebem ciência e tecnologia, determinando seu direcionamento, função e impactos na sociedade (Auler, 2003). O cientificismo envolve a valorização extrema da ciência, vendo-a como única forma de entender os fenômenos da realidade (Conrado; Conrado, 2016; Conrado, 2017).

É válida, também, a menção ao livro didático feita pela integrante do grupo, quando diz ser necessário "*esquecer mais o livro didático e priorizar um ensino que desperte no aluno um pensamento crítico-reflexivo*". Assim, acreditamos que o livro didático é uma ferramenta importante para o trabalho do professor, que subsidia os processos de ensino e aprendizagem, no entanto, a prática pedagógica comprometida com os problemas da realidade existencial precisa ser construída a partir do olhar crítico também para o contexto e suas contradições, tendo o livro didático como apoio. Considerando que as abordagens

CTSA ainda são escassas no livro didático, conforme explicitam Maestrelli e Lorenzetti (2017), mesmo sendo necessário o destaque dessas relações nos livros de Ciências, conforme salienta Megid Neto e Fracalanza (2003, p. 156), faz-se necessária a implementação de outros materiais de apoio ao trabalho do professor que atenda às diretrizes e orientações curriculares oficiais, "[...] levando em consideração os resultados e contribuições das pesquisas educacionais, bem como o contexto histórico e a diversidade cultural dos alunos".

Nesse panorama de emergência socioambiental, faz-se necessário discutir a percepção ampla sobre si, sobre o papel individual que devemos ter, pelo bem comum, pelo ambiente equilibrado. Ao mesmo tempo, é necessário ampliar a compreensão dos fatores causadores da degradação ambiental, abrangendo diferentes setores da sociedade, inclusive a ciência e a tecnologia, o que é de suma importância, uma vez que sabemos que é preciso a união entre ambiente, indivíduo e política para que possamos, de fato, construir uma sociedade sustentável. Observamos uma visão do papel da escola e do ensino de Ciências que dialoga com concepções progressistas e críticas de educação, ao considerar o papel do ensino e da escola na reflexão engajada, comprometida e crítica sobre as contradições e os valores que permeiam esse espaço e as vidas dos(as) educandos(as). Se, na escola, não buscamos construir valores condizentes com o bem-estar social e ambiental, teremos que ser esperançosos(as) de que outros espaços o façam, ao seu modo. Resta-nos, então, investir em propostas de formação que estejam comprometidas com o papel da escola e do ensino de Ciências na construção de espaços de reflexão-ação críticos, engajadores e preocupados com o ambiente. Nessa perspectiva, lembramos dos argumentos de Pedretti (2014), quando afirma que é preciso alinhar o trabalho com educação ambiental e o ensino de Ciências, reconhecendo o conhecimento tradicional, a fim de promover uma educação ambiental mais justa e orientada para a ação, desafiando tendências em que há o predomínio de visões acríticas, como a reprodução do conhecimento e verdades não problemáticas. Acreditamos que seja necessário desconstruir mitos que possam validar e legitimar concepções científi-

ficas acríticas e fragmentadas sobre os problemas socioambientais e, ao mesmo tempo, construir pontes com outros tipos de conhecimentos, igualmente válidos e, portanto, capazes de auxiliar em tomadas de decisões frente a problemas que impactam na vida em sociedade.

Percebemos também a construção de concepção ampla, progressista e crítica de educação ambiental no fragmento apresentado pela integrante do grupo. É interessante notar que, contrariamente a essa visão crítica, temos a concepção biologizante de educação ambiental. Leff (2001) considera essa visão como sendo fruto de uma ecologização do pensamento em torno da natureza que desagua na definição reducionista de meio ambiente, pautada somente nas relações ecológicas entre plantas, animas e fatores físicos e químicos. Essa visão naturalista leva ao reducionismo, que compartilha com o modo de pensar cartesiano a separação entre homens/mulheres e natureza. A ciência moderna, mediada pela técnica, consagra a separação entre subjetividade e natureza. Assim, o meio ambiente é visto apenas como um fim para a satisfação pessoal e deleite do ser humano, e por isso deve ser dominado (Trein, 2007). Freire (1921) faz uma reflexão interessante acerca do processo de conscientização crítica e a utópica, a qual é resultado da denúncia das situações de opressão vivenciadas e anúncio de sua superação. Para o autor, "[...] o utópico não é o irrealizável; a utopia não é o idealismo, é a dialetização dos atos de denunciar e anunciar, o ato de denunciar a estrutura desumanizante e de anunciar a estrutura humanizante. Por essa razão, a utopia é também um compromisso histórico" (Freire, 1921, p. 23). Assim, mesmo entendendo o quão enraizadas em nossas relações estão essas concepções de natureza, acreditamos que é possível romper com essa relação entre homens/mulheres e natureza, tendo em vista o bem-estar da biosfera.

Consideramos que o grupo alcançou de maneira satisfatória a apropriação de pressupostos freirianos, contribuindo para a construção de um plano de ensino reflexivo, crítico e com respaldo científico. Ressaltamos, ainda, a necessidade de aprofundamento das relações CTSA, no que diz respeito à crítica à não neutralidade da ciência, bem como à superação de visões redencionistas sobre a ciência e a tecno-

logia, na busca pela superação de mitos, por meio da reflexão crítica sobre seus desdobramentos na sociedade (Bazzo, 2016). Para Bazzo (2016), é preciso promover, a discussão no contexto da alfabetização científica e tecnológica que supera visões redencionistas da ciência, de uma visão linear de que ciência e tecnologia se traduzem em bem-estar social e felicidade, bem como os impactos trazidos a diferentes grupos sociais pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia. Para esse autor, é preciso que tenhamos consciência dos danos irreversíveis da ciência e tecnologia para a biosfera, por isso, torna-se necessário buscar meios de reduzir os impactos destas inovações à vida na Terra.

Quanto à construção de pensamento crítico, o qual analisamos, conforme Quadro 5, observamos que, na versão inicial do *script*, poucos momentos de reflexão foram apresentados pelo grupo, o qual possuía ainda uma visão um pouco ingênua acerca do tema, bem como dos fatores políticos e econômicos que condicionam e intensificam o avanço do desmatamento. Analisando a última versão do *script*, observamos que, em vários momentos, ocorreram tentativas de expressão crítica, questionamento e reflexão sobre a questão sociocientífica, como podemos observar na seguinte fala:

> *Realmente, o livro traz tudo muito reduzido: se tem falta de água, o problema é na Embasa. E realmente não mostra quem são os grandes causadores do problema* (Grupo C).

Essa fala indica um sinal de pensamento crítico, ao mencionar outras possíveis causas do desmatamento, bem como ao denunciar a perspectiva reducionista presente nos livros didáticos. Concordamos com Torres e Solbes (2018), quando defendem que, para desenvolver o pensamento crítico, o indivíduo precisa estar bem-informado e não se limitar a discursos dominantes.

O grupo elenca alguns fatores como causadores do desmatamento, discutindo aspectos políticos e econômicos que subjazem esse problema no Brasil, como podemos observar na afirmação a seguir:

> *São vários os fatores que ocasionam o desmatamento, mas o principal deles é o econômico, pois existem algumas madeiras de valor comercial, as quais são exploradas sem que haja reflorestamento, como também para utilização do solo para criação de animais, para agricultura, a mineração e entre outros, pois todos esses fatores contribuem para o desmatamento. Um dos principais motivos do desmatamento é o uso desse espaço para criação de gado, que precisa desmatar para fazer pastos, para a monocultura que é o cultivo de apenas um alimento como por exemplo o plantio [de] soja, arroz, feijão, milho etc. e as indústrias* (Grupo C).

Segundo Arraes, Mariano e Simonassi (2012), é crescente o desmatamento no Brasil, alavancado por atividades de origem antrópica, como o agronegócio, a agricultura, a pecuária (Farias *et al.*, 2018), trazendo sérias consequências para a biodiversidade, o clima e o solo.

Além de apontar os maiores consumidores de água e responsáveis pelo desmatamento, o grupo questionou o papel do pequeno agricultor nesse processo, sem, no entanto, deixar de lado a responsabilidade individual que devemos ter com relação ao uso da água, como podemos observar no fragmento abaixo:

> *O pequeno produtor também faz plantios, o que acarreta em consumo de água, porém ele não é o principal responsável pelo consumo excessivo, pois o agricultor familiar possui uma pequena área de plantação, sendo assim, o maior consumo vem das plantações em larga escala, fator esse que a mídia não esclarece, mas nem por isso podemos deixar de nos conscientizar quanto ao uso da água em nossas casas. Assim, percebemos que a falta de água não acontece apenas no consumo de casa, porém envolve outros fatores, como a agricultura e o desmatamento* (Grupo C).

No Brasil, a agricultura é a atividade humana responsável por consumir mais água, somada à pecuária e à siderúrgica. O país também é considerado o maior exportador de água (Detoni; Dondoni, 2008). Farias e demais autores (2018) destacam o impacto de pequenos assentamentos no desmatamento da Amazônia. No entanto, dados do

IBGE (2017) apontam que as principais causas de desmatamento nessa região são a agricultura em larga escala e a pecuária.

É importante salientar que o grupo problematiza os efeitos da ciência e da tecnologia na sociedade, a visão elitista do(a) cientista e o cientificismo. Consideramos a problematização como essencial para a construção de um pensamento crítico na perspectiva CTSA. Além disso, o grupo discute aspectos importantes sobre o código florestal, suas especificações e relações de poder e interesses particulares que muitas vezes burlam essa lei. A seguir, apresentamos algumas falas dos(as) integrantes do grupo acerca da experiência formativa da disciplina a partir da abordagem de QSC na perspectiva CTSA. Nos fragmentos a seguir, percebemos a influência freiriana nos discursos no que se refere à formação crítica, reflexiva, cidadã e humana, a partir do trabalho com a realidade dos(as) educandos(as) e sua autonomia enquanto sujeitos transformadores da realidade:

> *Para além da tecnologia e da ciência, esteva presente o lado humano, procurando trabalhar o cotidiano e com a realidade do aluno e não colocar como sujeito superior* (Grupo C).

> *A disciplina pôde possibilitar aos alunos uma visão crítica acerca dos conteúdos aplicados, trazendo para a sua realidade. A disciplina possibilitou uma formação humanizadora em consonância com as novas concepções de cidadania, ao mesmo tempo, pôde proporcionar a este aluno a capacidade de reflexão e criticidade que contribuirá na construção do pensamento autônomo e independente* (Grupo C).

> *Fazer essa sequência didática foi muito enriquecedor, pois, a cada passo dado, a cada dia de escrita, adquirimos um conhecimento novo, aprendemos um conceito diferente e, com tudo isso, ampliamos nosso olhar para o mundo e para as coisas que acontecem na nossa sociedade. Sem dúvidas, estamos com um poder maior de percepção e mais aptos a desenvolvermos aulas de Ciências que despertem o interesse do aluno e façam com que o mesmo crie um pensamento crítico para as diversas modificações sociais e para que lutem em prol de uma sociedade mais justa* (Grupo C).

Lembramos dos ideais de Freire (1995), quando ele defende a necessidade de empatia, humildade, comprometimento com a realidade existencial vivida, atuação cidadã, o que requer ações engajadas no meio a partir da reflexão crítica sobre suas contradições. Percebemos também a formação de um engajamento com relação à construção de uma realidade justa e equilibrada, a partir da convicção de que a mudança é possível, contra o fatalismo que nega a humanidade. Lembramos de Freire (1995, p. 76) quando afirma que

> Um dos saberes primeiros, indispensáveis a quem, chegando a favelas ou a realidades marcadas pela traição a nosso direito de ser, pretende que sua presença se vá tornando convivência, que seu estar no contexto vá virando estar com ele, é o saber do futuro como problema e não como inexorabilidade. É o saber da História como possibilidade e não como determinação. O mundo não é. O mundo está sendo.

Segundo Kahn e Zeidler (2016), abordar QSCs que mobilizem aspectos éticos e de empatia com os alunos ajuda no desenvolvimento de leitores reflexivos que serão capazes de examinar seus próprios preconceitos, crenças e emoções. Esses autores defendem o uso da literatura e de artes nesse tipo de debate, apontando como vantagens a construção de pensamento reflexivo e empático.

É interessante notar também, nas falas, a disposição para a mudança, o olhar mais amplo e atento para a sociedade e a integração com o currículo de Ciências. Percebemos, então, a formação de licenciandos(as) que parecem ter incorporado o pressuposto freiriano de vocação ontológica em "ser livre" (Freire, 1970), na medida em que reconhecem as fragilidades, as negações do direito de serem mais e, com isso, pretendem construir novas práticas de ensino e de ser, pautadas na autonomia, independência e criticidade.

Faz-se necessário notar a passagem da consciência real efetiva para a consciência máxima possível, discutida por Freire (1921), na medida em que a integrante, no processo de aprendizagem da disciplina, relata o que foi descobrindo sobre a ciência e a tecnologia,

ampliando o seu olhar sobre o mundo, criando curiosidade epistêmica sobre o objeto que analisa. Segundo Freire (1921, p. 6),

> [...] a conscientização implica, pois, que ultrapassemos a esfera espontânea de apreensão da realidade, para chegarmos a uma esfera crítica na qual a realidade se dá como objeto cognoscível e na qual o homem assume uma posição epistemológica, pois na cotidianidade nossa mente não opera epistemologicamente, é preciso toma distância do objeto e se assumir como sujeitos conscientes de busca e questionamentos [...] Quanto mais conscientização, mais se 'desvela' a realidade, mais se penetra na essência fenomênica do objeto, frente ao qual nos encontramos para analisá-lo.

Observamos tal aproximação com o fragmento a seguir:

> *E relacionar por que, em pleno século XXI, ainda somos prejudicados, por que a ciência e a tecnologia ainda não descobriram uma forma de solucionar todos esses fatores e os prejuízos trazidos para a nossa sociedade. É importante enfatizar quais são os interesses existentes por trás desses fatores; quais os reais interesses econômicos? E quem lucra? O ensino de Ciências deveria esquecer mais os livros didáticos e priorizar um ensino que desperte no aluno um pensamento crítico-reflexivo* (Grupo C).

O fragmento anterior representa o posicionamento questionador dos estudantes com relação ao seu objeto de estudo e, a partir do momento que o indivíduo passa a duvidar da estrutura alienante e desigual que impera na sua realidade, tem-se o início de um processo de construção de uma consciência crítica e reflexiva. No entanto, é preciso problematizar a postura ainda redencionista de que a ciência irá resolver os problemas da humanidade. Para Bazzo (2016), é comum as pessoas acreditarem na ciência como uma divindade, pensamento esse gestado na escola e mantido na realização das suas profissões, com a ajuda dos meios de comunicação, os quais auxiliam na construção da imagem de tecnologia enquanto sinônimo de felicidade.

Segundo Torres e Solbes (2018, p. 61), uma pessoa com pensamento crítico que aborde QSC seria capaz de *"comprender la naturaleza de la ciência como actividad humana con múltiples relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente"*. Observamos que o grupo alcança em grande medida essa habilidade de questionamento e entendimento amplo sobre as relações particulares e de interesse que envolvem as relações entre CTSA, o que é essencial para a formação do pensamento crítico, conforme Freire (1995) e Torres e Solbes (2018). Segundo os mesmos autores, uma pessoa com dificuldade em desenvolver pensamento crítico não teria disposição para questionar opiniões e crenças baseadas em discursos legitimadores, desconhecendo os interesses subjacentes. Observamos, ainda, um olhar mais crítico com relação a ciência e tecnologia e como elas podem impactar na sociedade, conforme podemos notar no fragmento a seguir:

> *A disciplina me permitiu ter um pensamento mais crítico e reflexivo, pois, hoje, consigo perceber o quanto a ciência está presente no nosso cotidiano e o quanto ela é abrangente; não se resume apenas nos elementos da natureza* (Grupo C).

> *Antes da disciplina, eu não conseguia perceber que a ciência também tem pontos negativos. Por muito tempo, acreditei que só tinha pontos positivos, e que ela fazia apenas o bem para a sociedade, uma vez que ela está sempre em busca de conhecimentos e fazendo inovações. Não conseguia fazer também a ligação da ciência com a tecnologia, tinha a visão de ciências apenas no laboratório* (Grupo C).

Tal posicionamento ajuda a desconstruir mitos com relação à ciência neutra e livre de valores, que, segundo Torres e Solbes (2018), pode ser um impedimento para a construção do pensamento crítico. Outro aspecto que pode ser relacionado com a construção de pensamento crítico, considerando a perspectiva freiriana, é a desconstrução da visão de ciência produzida apenas no laboratório, a qual é fundamentada nos princípios da experimentação e da observação, o que cria a imagem "ingênua" da ciência e do(a) cientista, entendendo que a ciência não se limita ao espaço do laboratório, questionando,

portanto, a sua neutralidade e aproximando-a do contexto existencial. As frases vistas anteriormente indicam, ainda, sinais de monitoramento dos(as) alunos(as) de seus próprios processos de aprendizagem, que podem decorrer da reflexão e da metacognição, conforme salienta Jimenéz-Aleixandre (2010). No que se refere à metacognição, essa pode ser identificada, dentre outros critérios, quando os(as) alunos(as) fazem referência explícita à sua forma de pensar, por exemplo: i) ao refletir sobre o caráter do conhecimento que foram convidados a ampliar; ii) ao ter consciência das diferenças entre seus posicionamentos no início e no final de uma atividade (Jiménez-Aleixandre, 2004). Uma integrante do grupo faz a seguinte declaração acerca da inserção da ciência no ambiente rural:

> *A presença da ciência tem aumentado cada vez mais no campo, pois alguns agricultores não têm um verdadeiro conhecimento sobre os agrotóxicos que são utilizados em suas plantações, não têm noção do quanto é venenoso e prejudicial à saúde. E que pode desenvolver um câncer* (Grupo C).

Tal posicionamento nos faz pensar sobre a necessidade de aprofundar o diálogo entre a ciência e os problemas locais, na busca da construção de novas tecnologias sociais que possam ajudar os agricultores a produzir alimento de maneira sustentável, ampliando sua percepção de que a ciência também pode lhes trazer benefícios, especialmente quando se aproxima da realidade local. Manter o diálogo entre as diferentes formas de explicar o mundo é, sem dúvida, uma iniciativa que possibilita a construção de pensamento crítico. Faz-se necessária a discussão de aspectos relativos à inserção da ciência e da tecnologia no currículo escolar de todas as escolas, principalmente nas escolas do campo, onde os impactos ao ambiente e à saúde muitas vezes são velados. Segundo Andrade, Poy e Teixeira (2013), em pesquisa realizada na comunidade de Muritiba, localizada na região do Recôncavo da Bahia, observou-se que a grande parte dos agricultores não possuía uma percepção sobre os riscos que o uso dos agrotóxicos causava para o ambiente e para a sua própria saúde.

Quanto à mobilização de elementos CTSA pelo grupo, no *script* inicial, constatamos as seguintes relações quanto à dimensão da ciência: função da mata ciliar, das raízes e copas das árvores na manutenção dos rios para evitar o assoreamento, enchentes e manter a qualidade da água, assim como seu papel no processo de evapotranspiração; o papel da Mata Atlântica e Floresta Amazônica no clima global, a importância das suas biodiversidades; a importância da floresta para a fertilidade do solo, a beleza cênica oferecida por suas paisagens, o seu papel no controle do equilíbrio climático; os fatores que levam ao desmatamento, a exemplo do agronegócio – contaminação da água por agrotóxicos –, a pecuária, a mineração – as quais consomem quantidade significativa de água –, e o processo de urbanização; o processo de transporte de água pelas raízes das árvores até a atmosfera, formando os rios voadores na região da Amazônia, o que explica as chuvas diárias nessa região.

Observamos que, a partir do *script* e de outros materiais analisados, o grupo conseguiu, por meio dessa mobilização, a ampliação das suas concepções iniciais e uma compreensão mais crítica acerca da ciência e tecnologia. Assim, o grupo discutiu, na versão final do *script*, dimensões conceituais importantes, que já foram citadas anteriormente, e adicionaram a essa versão aspectos como o impacto do desmatamento no desequilíbrio ambiental. No discurso da aula, o grupo buscou desmistificar a imagem elitista do(a) cientista, incentivando os(as) estudantes a serem também cientistas. O grupo cita a tecnologia como um fator que vem contribuindo para o desmatamento em larga escala com máquinas, intensificando a ação do homem sobre a natureza (Jacobi, 2005; Santos, 2009). É interessante salientar que devemos estar atentos aos juízos de valor que, de um lado, vangloriem as inovações científicas e tecnológicas, sem o olhar atento para os seus impactos no ambiente e, de outro lado, mantenham um olhar que desconsidere totalmente as transformações proporcionadas pela ciência e tecnologia para a sociedade (Andrade, 2016). Freire (1995, p. 32) também nos alerta para essa assunção crítica, afirmando que:

> [...] E não vai nenhuma consideração arrancada falsamente humanista da negação da tecnologia e da ciência. Pelo contrário é consideração de quem, de um lado, não diviniza a tecnologia, mas, de outro, não a diaboliza. De quem a olha ou mesmo a espreita de forma criticamente curiosa.

O grupo abordou o que é código florestal, como funciona e quais as suas determinações com relação às áreas que devem ser preservadas, e explicou os conceitos de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (APP). O grupo ressalta que, apesar de a legislação proibir, em determinados casos, o desmatamento, ela é falha na medida em que prevê que ele ocorra, com sanção do poder executivo, para construção de obras, planos, projetos de utilidade pública ou interesse social, dentre outros problemas, como a redução das áreas de preservação permanente e a anistia a quem desmatou até a data de publicação do novo código.

É importante salientar que, para muitos(as) alunos(as), antes da experiência com a disciplina, a ciência se reduzia a práticas realizadas no laboratório, apresentando uma visão cientificista, empírico-indutivista e reducionista, a qual não contribui para uma aproximação dos(as) estudantes com a ciência e como esta é produzida, conforme discutem Gil-Pérez e demais autores (2001). De acordo com os PCNs para o ensino de Ciências, os alunos devem compreender a ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural (Brasil, 1998). Dessa forma, o ensino de Ciências Naturais deverá se organizar de forma que, ao final do ensino fundamental, os alunos tenham desenvolvido essas capacidades.

Quadro 9 – Componentes dos domínios CTSA articulados no processo de elaboração e apresentação da QSC, no início e no final da disciplina, sobre o tema Desmatamento

DOMÍNIOS	*SCRIPT* INICIAL	*SCRIPT* FINAL
Ciência	O que são matas ciliares e sua importância para a manutenção dos rios e para o solo; analisar fatores que causam o desmatamento; compreender o que é o código florestal, rios voadores; biodiversidade da Amazônia e Mata Atlântica; papel da mata no ciclo da água; evapotranspiração e papel das árvores nesse processo; urbanização e desmatamento; Reserva Legal, Áreas de Proteção Permanente.	O que são matas ciliares e sua importância para a manutenção dos rios, para o solo e para a qualidade da água e manutenção do ecossistema; analisar fatores que causam o desmatamento; compreender o que é o código florestal; identificar fatores políticos e econômicos que contribuem com o desmatamento; rios voadores; biodiversidade da Amazônia e Mata Atlântica; papel da mata no ciclo da água; evapotranspiração e papel das árvores nesse processo; urbanização e desmatamento; questionamento da visão elitista do cientista, o cientificismo e tecnicismo, citando os conhecimentos tradicionais como capazes de desenvolver práticas que preservem o meio ambiente; reconhecer conhecimento científico e tradicional para a preservação ambiental; Reserva Legal, Áreas de Proteção Permanente.
Tecnologia	Sistemas agroflorestais.	Sistemas agroflorestais; uso de máquinas que potencializam o avanço do desmatamento; sistemas de gotejamento para irrigação.
Sociedade	Hábitos de preservação da mata; ações para evitar o desmatamento; formas alternativas de plantio.	Hábitos de preservação da mata; ações para evitar o desmatamento; controle e desperdício de água; reconhecer o papel da floresta; formas alternativas de plantio.
Ambiente	Influência da mata no clima mundial; mudanças climáticas.	Influência da mata no clima mundial; mudanças climáticas; impacto do desmatamento na proliferação de arboviroses.

Fonte: elaborado pela autora.

Referente à tecnologia, o grupo mobilizou inicialmente argumentos a favor da implantação do sistema de agroflorestas, como forma de manter a vegetação juntamente com a produção de alimentos e criação de animais. Segundo Pasini (2017), os sistemas agroflorestais são promessas de efetivação de uma agricultura sustentável, diante de uma agricultura convencional que, junto com a ciência e tecnologia, tem causado impactos seríssimos no ambiente. Na versão final do *script*, o grupo acrescentou críticas ao uso de máquinas que potencializam o avanço do desmatamento, bem como citou a importância de sistemas de gotejamento para irrigação, tendo em vista uma maior economia do uso da água.

Quanto à sociedade, o grupo mobilizou inicialmente aspectos relacionados à importância da construção de hábitos de preservação da mata, ações para evitar o desmatamento, bem como formas alternativas de plantio. No *script* final, o grupo acrescentou as seguintes relações: evitar controle e desperdício de água, reconhecer o papel da floresta na produção de água e manutenção dos ciclos hidrológicos. Com relação ao ambiente, o grupo citou inicialmente a influência da mata no clima mundial e as mudanças climáticas provenientes do desmatamento. Na versão final, o grupo acrescentou ainda o possível impacto do desmatamento na proliferação de arboviroses.

Consideramos que o grupo partiu de um alcance parcial de relações entre CTSA para um alcance total desses aspectos, abarcando relações significativas, expressando reflexões profundas sobre os impactos das transformações científicas e tecnológicas na sociedade e trazendo, ao mesmo tempo, as contribuições dessa união para determinados grupos sociais. O grupo ainda abarcou conteúdos científicos essenciais na formação de professores(as) de Ciências, numa perspectiva participativa, crítica e humanística.

Quanto à manifestação de atitudes favoráveis ao ativismo sociopolítico, encontramos, nas propostas de ensino, desde a primeira versão, a apresentação de objetivos de aprendizagem condizentes com a manifestação de tais habilidades. Assim, o grupo elencou os seguintes objetivos atitudinais: despertar o interesse por ações de refloresta-

mento; conhecer a importância de ações para a preservação e combate ao desmatamento; reconhecer o papel da floresta para a população que vive nela; adotar um pensamento crítico e político acerca do problema causado pela degradação ambiental e reconhecer a necessidade de controlar o desperdício de água.

Analisando os dados apresentados pelo grupo, observamos argumentos que indicam uma postura favorável à manifestação de habilidades que envolvem a mudança de atitudes e o desenvolvimento de posicionamentos que favorecem o ativismo ou a atividade sociopolítica, o que tende a reverberar nas suas práticas de ensino. Tais indícios mostram a construção de um pensamento crítico, ao envolver tendências de desenvolvimento de ações que visem melhorias para a comunidade ou para a escola (Freire, 1995; Torres; Solbes, 2018). Uma integrante do grupo relatou em seu caderno de campo:

> *É notório o quanto é necessário discutir e ensinar Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental. É preciso fazer com que as crianças de hoje sejam cidadãos críticos e pensantes, para que futuramente venham a ter ações positivas com o meio ambiente* (Integrante E).

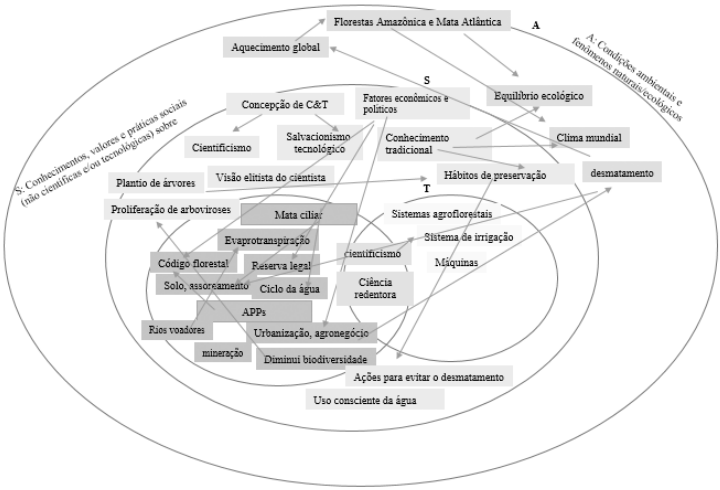
E ainda:

> *Vocês acham que tem como resolver? Quero ouvir todos! Tem como solucionar a falta de água, gente, o que vocês acham, é muito importante ressaltar que, para solucionar o problema da falta de água, não é necessário apenas economizar, porque se você só economizar e não cuidar das nascentes, vai chegar um determinado momento que essa economia vai acabar, e se você não reflorestar, cuidar, proteger as nascentes, não terá de onde se abastecer, não é verdade turma? É de fundamental importância que primeiramente deve haver uma conscientização da população sobre conservação das matas e fazer reflorestamento* (Grupo C).

Observamos que, no que tange à ciência, o grupo mobilizou conteúdos importantes para a sua formação acadêmica, englobando con-

ceitos imprescindíveis para a compreensão integral do tema, como: o conceito de mata ciliar e seu papel na manutenção dos rios; conceitos sobre o ciclo da água e rios voadores, evapotranspiração e relação com a mata; e discussões sobre o Código Florestal suas proposições e impactos na preservação dos rios. O grupo também discutiu os impactos do agronegócio, urbanização e mineração na produção, consumo e contaminação de água, bem como a importância dos conhecimentos tradicionais para a manutenção das florestas, dentre outros conceitos. O grupo citou algumas tecnologias que contribuem para agravar ou solucionar o problema do desmatamento, como, a exemplo do uso de sistemas agroflorestais, sistemas de irrigação e uso de máquinas. No âmbito da sociedade, o grupo traz interessantes reflexões sobre as diferentes concepções de cientista, desconstruindo mitos relacionados à sua imagem e ao salvacionismo científico e tecnológico. No entanto, mantém uma concepção de ciência neutra em alguns momentos do material analisado, o que nos faz entender o quanto é difícil, mesmo diante de discursos críticos, descontruir mitos relacionados à imagem neutra da ciência e tecnologia. É interessante notar as relações estabelecidas pelo grupo no que tange o fator desmatamento e a proliferação de arboviroses, tendo em vista a manutenção do equilíbrio ecológico dado pelas florestas, devastadas pela ação antrópica. O grupo incentiva hábitos de consumo consciente da água, ações para evitar o desmatamento, plantio de árvores, mas também discute os responsáveis em larga escala pela destruição das matas, o que é importante tendo em vista a construção de uma visão equilibrada sobre os setores da sociedade que mais impactam no desmatamento. Na Figura 4, apresentamos os conhecimentos que foram acionados pelos(as) estudantes no decorrer da SD sobre o tema desmatamento e suas relações com os domínios CTSA.

Figura 4 – Esquema das inter-relações dos domínios CTSA articulados à QSC na fase inicial do *script* descritivo[8]



Fonte: Bencze (2008) e Conrado (2017).

Nesse sentido, podemos perceber que o aumento das relações entre os domínios CTSA estabelecido pelo grupo no *script* final permitiu o enriquecimento das discussões sobre a temática da QSC, ampliando a percepção sobre os diferentes valores e interesses envolvidos e sobre como o desenvolvimento científico e tecnológico são influenciados por esses valores. Consideramos que esse grupo alcançou os três níveis de Alfabetização Científica Crítica (ACC), proposta por Hodson (2004). Segundo esse autor, o desenvolvimento desses níveis envolve: nível 1: reconhecer as complexas interações entre CTSA, compreendendo que essas são construtos sociais passivos de interesses; nível 2: reconhecer os interesses que influenciam atividades científicas-

8 Figura elaborada com base nas configurações apresentadas por Bencze (2008), e por Conrado (2017), com base nas ideias de ator-rede, e nos conteúdos do currículo associados às QSCs e nos domínios CTSA.

tecnológicas; nível 3: reconhecer a importância da participação cidadã nas questões que envolvem CT, compreendendo os valores envolvidos e adotando um posicionamento. Queiroz, Conrado e Silva (2019), ao analisarem as relações CTSA de licenciandos, constataram que houve baixa frequência da mobilização de relações de alta complexidade – quando o estudante mobiliza todos os domínios CTSA em conjunto – e ausência de tomada de decisão sobre a QSC. Nesse grupo, observamos seis mobilizações de alta complexidade, ou seja, quando o estudante mobiliza todos os domínios CTSA em conjunto e 11 mobilizações de média complexidade, quando o estudante mobiliza alguma combinação dos domínios CTSA. Além disso, observamos seis mobilizações de baixa complexidade, quando os estudantes mobilizaram algum aspecto CTSA separadamente. As relações CTSA em muitos estudos ainda são vistas de maneira estanque, sem a devida reflexão crítica, nesse sentido, Nunes e Dantas (2012), ao buscar mapear a mobilização dessas relações por estudantes universitários, observou que a maioria apresentou uma visão positiva sobre o impacto que a ciência e a tecnologia têm sobre a sociedade e o ambiente e sobre a ciência escolar endossando a visão linear sobre o desenvolvimento e aplicação da ciência e tecnologia na sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste livro, apresentamos resultados de pesquisa que teve como objetivo geral analisar as contribuições da convergência entre a abordagem de QSC sob o enfoque CTSA e a pedagogia freiriana para formação de professores de Ciências para os anos iniciais. Buscamos estabelecer relações teórico-metodológicas entre as QSC na perspectiva CTSA e a pedagogia freiriana com o objetivo de analisar as contribuições da complementaridade dessas abordagens para a formação de professores(as) em uma perspectiva crítica e reflexiva. Observamos divergências e convergências entre esses campos teórico-metodológicos que podem auxiliar na construção de práticas de ensino que tenham como referência a realidade existencial, bem como os problemas socioambientais atuais. No contexto brasileiro, faz-se necessária a incorporação, nos currículos de Ciências Naturais, de reflexões acerca dos problemas vivenciados, no intuito de problematizar as relações de poder e desigualdade que permeiam a realidade. Além disso, diante dos problemas socioambientais existentes, devemos preparar os(as) estudantes para questionar as influências entre CTSA, desconstruindo mitos historicamente enraizados na sociedade, os quais distanciam os homens e as mulheres comuns da atividade científica.

A perspectiva freiriana pode contribuir com um viés mais humanista para a formação de professores(as), por meio da aproximação com os problemas do contexto local, regional e nacional, contribuindo para a construção de aprendizagens significativas e comprometidas

com a realidade, o posicionamento crítico e o engajamento. O uso de QSC contribuiu no sentido de auxiliar na organização metodológica das propostas de ensino, bem como com as reflexões entorno da ciência e da tecnologia, auxiliando na construção de pensamento reflexivo e didático. Ambas as perspectivas contribuíram para a formação conceitual, didática, crítica e reflexiva dos estudantes.

A pedagogia freiriana pode contribuir com o ensino de Ciências na medida em que reivindica a necessidade de humanização dos homens e das mulheres em seu processo de libertação e práxis, no qual eles(as) se compreendem como livres e transformadores da sociedade. Assim, percebemos como essa pedagogia facilitou a formação política dos indivíduos, na tentativa de construir uma sociedade pensante e questionadora das condições de opressão. Estamos certos, portanto, de que um ensino de Ciências, que se pretenda humanizador e crítico, pode partir das contradições existenciais para problematizar os diferentes impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente, bem como para perceber como interesses sociais e disputas de poder influenciam o desenvolvimento científico e tecnológico. O pensamento de Paulo Freire, conforme destacamos anteriormente, contribui para o avanço na construção do pensamento crítico em Ciências, a partir do momento que defende a aproximação da cultura da ciência às culturas das pessoas comuns, encorajando nova postura de pesquisa e a dúvida pelos(as) professores(as) e alunos(as). Possibilita, assim, o entendimento de que a ciência é construída por pessoas que são comuns, falíveis e, portanto, passíveis de erros e influenciadas por crenças, ideologias e condições socioculturais e históricas. A abordagem freiriana incentiva o desenvolvimento de uma postura ética e transformadora dos(as) alunos(as) sobre a realidade, reconhecendo-se como parte dela.

Nesse panorama, observamos que as QSC permitiam um debate profundo e engajado sobre os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e a desconstrução de mitos relacionados à imagem neutra e linear de ciência e tecnologia, bem como do estereótipo do(a) cientista, contribuindo para a formação do espírito crítico dos(as)

licenciandos(as), através de abordagem interdisciplinar, engajada e questionadora. Assim, a partir dos dados analisados, constatamos que os(as) estudantes se apropriaram de maneira satisfatória do modo de estruturar uma QSC no contexto educacional, considerando caso, questões norteadoras e objetivos de aprendizagem. No entanto, faz-se necessário destacar a dificuldade em incorporar essa abordagem de ensino, principalmente na construção de objetivos de aprendizagem nas dimensões CPA dos conteúdos. Apesar dessa dificuldade, notamos significativas evoluções nessa incorporação ao comparar os *scripts* iniciais e finais apresentados pelos grupos.

Quanto à apropriação de pressupostos freirianos durante a construção das SDs, aspecto analisado nos *scripts* e outros materiais produzidos pelos(as) alunos(as), observamos significativos avanços no decorrer do semestre. Todos os grupos conseguiram se apropriar de maneira satisfatória dos pressupostos que julgamos relevantes na construção do plano. Consideramos o tempo atribuído para a discussão e a práxis, relativas aos pressupostos teóricos adotados, muito curto, tendo em vista a densidade epistemológica desses pressupostos.

A utilização da abordagem freiriana foi apontada pelos(as) alunos(as) como uma estratégia importante para o ensino de Ciências, tornando o processo mais prazeroso, comprometido com mudanças na realidade e reflexivo, contribuindo, assim, para a sua formação crítica, humanística e problematizadora. Os(as) estudantes foram direcionados(as) à construção de SDs que incorporassem critérios estabelecidos em sala de aula. Observamos que, em todos os planos analisados, a maioria dos critérios foi, de alguma maneira, contemplada. No entanto, os(as) estudantes apresentaram dificuldades de elaborar e pôr em prática o discurso característico de uma aula dialogada, de atribuir autonomia aos(às) estudantes em sala de aula, de considerar a sua capacidade de buscar conhecimentos, de construir uma aula interdisciplinar. Acreditamos que, ao final da disciplina, muitas dessas dificuldades foram amenizadas ou, até mesmo, em certos casos, superadas. É importante ressaltar que o envolvimento dos alunos, durante o trabalho com as QSCs encontradas na comunidade,

deveu-se em parte à legitimidade que estas possuem, uma vez que o trabalho não partiu de qualquer tema, mas de um *tema gerador sociocientífico*. No entanto, para que uma QSC seja considerada um tema gerador sociocientífico, seria preciso que ela passasse pelo processo de investigação temática, conforme orienta Freire; isso é possível de ser feito, se forem considerados os processos de legitimação desses na/pela comunidade. Os temas geradores podem apresentar elementos das relações CTSA, e essas relações podem ser discutidas em menor ou maior profundidade, a depender dos objetivos de aprendizagem previstos, assim, em um tema gerador, muitos aspectos podem ser explorados como QSC.

Por outro lado, pensamos também que é preciso estarmos atentos(as) aos conhecimentos científicos ou tecnológicos que surgem durante o processo de redução temática e de levantamento preliminar para que seja dada a devida atenção às dimensões CTSA dos conteúdos que precisam ser problematizados no contexto. Assim, se essas relações surgem, são pertinentes ao problema, e são legitimadas pela comunidade, teremos um tema gerador sociocientífico, o que tornaria o ensino e a aprendizagem das dimensões dos conteúdos ali existentes ainda mais relevantes, podendo potencializar o envolvimento dos(as) estudantes na compreensão e nas ações em torno da problemática a partir de um problema que envolve relações CTSA e que é legitimado pela comunidade. Consideramos que a QSC contribui, neste estudo, com os seus critérios de identificação com o processo de investigação preliminar, conforme justificamos com base em Ratcliffe e Grace (2003), para observar questões do ponto de vista da ciência e tecnologia, tronando-se um caminho a mais, do ponto de vista metodológico, para identificar elementos do levantamento preliminar. Consideramos, portanto, que as QSCs encontradas na comunidade podem ser definidas como temas geradores sociocientíficos, uma vez que temas geradores atendem aos critérios epistemológicos e ontológicos tanto da pedagogia freiriana quanto de QSC.

O alcance de pensamento crítico foi analisado por meio de critérios baseados nas perspectivas de Freire (1995), Tenreiro-Vieira e

Vieira (2004), Torres e Solbes (2018) e Merchán (2014). Observamos um grande alcance de habilidades de pensamento crítico pelos(as) licenciandos(as) no decorrer da construção da SD, refletido na construção de visão mais ampla, integral e interdisciplinar sobre os temas trabalhados, na aprendizagem de conteúdos conceituais imprescindíveis à prática escolar, na desconstrução de alguns mitos relacionados à ciência e à tecnologia e na busca de contextualização e problematização das relações de opressão vivenciadas. O contato com temas de natureza sociocientífica com desdobramentos CTSA permitiu o aprofundamento do olhar dos(as) estudantes sobre o tema, possibilitando a análise de contradições, interesses particulares e relações de poder que subjazem os problemas estudados (Hodson, 2018).

A maioria dos(as) estudantes alcançou uma visão crítica sobre os desdobramentos de ciência e tecnologia na sociedade e as relações de interesses que envolvem o trabalho do(a) cientista, bem como problematizaram e desconstruíram, em parte, a visão elitista do(a) cientista, o que pode possibilitar a aproximação desses(as) estudantes das produções da ciência, do trabalho científico e das decisões que envolvem ciência e tecnologia. Observamos também, na maioria dos grupos, discursos que reconheciam diferentes formas de explicar e interpretar o mundo, considerando os conhecimentos do senso comum e científicos para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica e de práticas que priorizem o bem-estar socioambiental; juízos éticos a partir da QSC, entendendo a contribuição desses conhecimentos para o cumprimento das necessidades humanas e para solução de problemas do mundo e do próximo; discursos informados sobre o tema, não se limitando a ideias dominantes, detectando falácias argumentativas, avaliando credibilidade das fontes, tendo em vista interesses particulares; adoção de postura questionadora em torno dos debates envolvendo CTSA; compreensão da ciência como construção social, não neutra, suas relações entre CTSA; predisposição para tomar decisões fundamentadas em aspectos éticos, morais, políticos, econômicos e científicos, promovendo ações capazes de levar melhorias à sua rea-

lidade existencial; considerações sobre a possibilidade de ser um(a) cientista, entendendo que a ciência está no cotidiano.

É importante ressaltar que, embora a maioria dos grupos e integrantes apresentassem uma visão crítica sobre os temas e relações CTSA, ainda detectamos percepções neutras e redencionistas sobre a ciência, o que nos faz entender que, mesmo diante de discursos críticos, alguns(as) licenciandos(as) ainda cultivavam posicionamentos merecedores de maiores discussões e problematizações a fim de superar essas situações-limite.

Avaliamos também elementos das relações CTSA mobilizados pelos(as) licenciandos(as), considerando que, quanto mais elementos mobilizados, maior a possibilidade de formação política, uma vez que as mobilizações dessas informações permitem o desvelamento de mitos e superação de visões fragmentadas sobre os problemas sociocientíficos estudados. Assim, todos os grupos apresentaram grandes avanços no que tange à mobilização dessas relações ao se comparar a versão inicial e a versão final do *script* descritivo e, ao se analisar, ao final do semestre, os outros materiais produzidos. Nesse sentido, os grupos conseguiram relacionar o problema central a interesses particulares e a relações de poder, questionando a superioridade da ciência e da tecnologia, ao entender a ciência como uma construção cultural que não exige verdades absolutas, únicas, porque é um processo de construção permanente. É importante salientar que, para muitos(as) alunos(as), antes do trabalho com a disciplina, a ciência se reduzia a práticas realizadas no laboratório, apresentando uma visão cientificista, empírico-indutivista e reducionista, que não contribui para uma aproximação dos(as) estudantes com a natureza da ciência, suas atividades e como esta é produzida, conforme discutido por Gil-Pérez e demais autores (2001).

Avaliamos a presença de intenções para ações sociopolíticas no processo de construção de SDs pelos(as) estudantes, bem como de ações diretas e indiretas e de atividades sociopolíticas. A presença dessas intenções e ações, considerando os referenciais teóricos estudados, indicam o engajamento dos estudantes com os temas tra-

balhados, a partir da inquietação com as relações de desigualdade existentes na sociedade e desveladas a partir de seus estudos. O importante é que, a partir dessa mudança de atitudes orientada pelo questionamento de seus valores, os estudantes se sentiram envolvidos e dispostos a adotarem novas posturas, como observamos nas diversas falas e ações apresentadas.

Por fim, buscamos identificar e discutir os limites e possibilidades encontradas pelos(as) licenciandos(as) na construção das propostas de ensino baseadas em QSCs, a partir da tentativa de convergência dos pressupostos teóricos estudados. Nesse sentido, identificamos como principais vantagens, apontadas pelos(as) licenciandos(as): a formação de pensamento crítico e questionador, o trabalho a partir de uma perspectiva interdisciplinar, a investigação dos problemas em *locus*, a prática de pesquisa durante o período de construção das SDs, a aprendizagem significativa dos conceitos, a desconstrução de mitos relacionados à natureza da ciência e da tecnologia, os desdobramentos e a produção de ciência e tecnologia na sociedade e ambiente, bem como a influência da sociedade e do ambiente na produção de ciência e tecnologia. As limitações encontradas pelos(as) estudantes foram relacionadas a dificuldades em entender o que significa uma questão sociocientífica, apresentando resistências na apropriação da abordagem de ensino, por a acharem complexa demais, na medida em que precisam realizar diferentes relações do tema com aspectos sociais, científicos, políticos, ambientais etc. Outras dificuldades apontadas pelos alunos foram: *"sair da aula expositiva"* e atender a demandas do currículo escolar, bem como a falta de segurança em trabalhar nessa perspectiva.

Observamos que os(as) licenciandos(as) ressignificaram a visão sobre determinados assuntos a partir do trabalho com QSC na perspectiva CTSA e pedagogia freiriana, através do contato intenso com os temas estudados, desvelando as múltiplas relações CTSA envolvidas nestes e transitando de uma perspectiva puramente biológica para uma visão mais ampliada e questionadora. Além disso, percebemos, entre os(as) licenciandos(as), a adoção de uma postura investigativa, bem como o desencadeamento do posicionamento crítico e

político frente aos problemas que enfrentam nas suas comunidades, construindo um perfil de professor(a) apto(a) para o enfrentamento das necessidades da sociedade atual. É importante salientar que não consideramos as QSCs encontradas como temas geradores, apesar de elas apresentarem muitos elementos que possibilitaram discussões na perspectiva freiriana. No entanto, para que as QSCs pudessem ser consideradas temas geradores, precisariam, de algum modo, passar pelo processo de legitimação pela comunidade.

Tendo em vista o referencial teórico utilizado neste livro, pensamos em utilizar as QSCs em articulação com a pedagogia freiriana, na medida em que acreditamos na contribuição dessa pedagogia no sentido de focar no ensino humanístico, preocupado com a emancipação política dos sujeitos, objetivando buscar a construção de indivíduos autônomos e de uma sociedade participativa. A perspectiva freiriana contribui também com o ensino que tem como referência principal a realidade, sendo o estudo do meio o primeiro passo para o planejamento dos processos de ensino e aprendizagem. A perspectiva freiriana contribui com o trabalho com QSC na perspectiva CTSA, já que preconiza a problematização das condições de desigualdade vivenciadas pelas pessoas. Esses aspectos são, em sua maioria, característicos da pedagogia freiriana e por isso contribuem com o trabalho a partir de QSC, tendo em vista um ensino de Ciências reflexivo e humanístico.

Consideramos que abordagens de ensino que busquem aproximações entre a perspectiva freiriana, a educação CTSA e QSC são profícuas no ensino fundamental, na tentativa de pôr em prática estratégias de ensino preocupadas com a formação moral, ética, científica e política dos(as) educandos(as). Nesse sentido, é crucial o trabalho reflexivo e crítico nos espaços de formação de professores(as), para que essa consciência seja despertada, tendo em vista a necessidade de discutirmos problemas locais em sua integralidade, tornando significativas as aprendizagens e construindo uma sociedade mais engajada, crítica e justa diante do atual contexto social, político, científico e ambiental. Fazem-se necessários, ainda, trabalhos que investiguem

as possibilidades, potencialidades e dificuldades na implementação de práticas de ensino que englobem essas perspectivas teóricas nos anos finais do ensino fundamental, para que possamos, enfim, contribuir com a mudança que é necessária para esses espaços, superando o ensino fragmentado e alheio às condições humanas, ambientais e científicas da sociedade atual. Portanto, enquanto pesquisadora, pretendo experimentar, na educação básica, a aplicação colaborativa de SDs cujo objetivo esteja atrelado à formação humanizadora, ética e científica, por meio de práticas dialógicas e participativas.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A. *et al*. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das Ciências. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 11, n. 1, p. 1-15, nov. 2005.

AGYEMAN, J.; CARMIN, J. Introduction: Environmental injustice beyond borders. *In*: CARMIN, J.; AGYEMAN, J. (ed.). *Environmental inequalities beyond borders:* local perspectives on global injustices. Cambridge: MIT Press, 2011. p. 1-15.

ALMEIDA, E. S. *A investigação temática na perspectiva da articulação Freire-CTS*. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Santa Cruz, 2018.

ALTIERI, M.; NICHOLS, C. Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad. *In*: ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. *Agroecología*: teoría y práctica para una agricultura sustentable. Méjico, D. F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2000. Red de Formación Ambiental para América Latina.

ANDRADE, M. A. S.; ALMEIDA, R. O. Diálogos entre a abordagem de questões sociocientíficas sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freireana: reinventando Paulo Freire no contexto da formação de professores de ciências. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL PAULO FREIRE: O LEGADO GLOBAL, 2., 2018, Belo Horizonte. *Anais eletrônicos* [...]. Campinas: Galoá Minas Gerais, 2018. p. 1-15. Disponível em: https://proceedings.science/freire-globalconference-2018/trabalhos/dialogos-entre-a-abordagem-de-questoes-sociocientificas-sob-o-enfoque-ciencia-te?lang=pt-br#. Acesso em: 4 out. 2024.

ANDRADE, M. A. S.; *Construção e aplicação de uma sequência didática colaborativa a partir de uma questão sociocientífica sobre agrotóxicos na perspectiva CTSA*. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

ANDRADE, M. A. S. *Diálogos entre a abordagem de Questões Sociocientíficas sob o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e a pedagogia freiriana no contexto da formação de professores/as de Ciências para os Anos Iniciais*. 2020. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2020.

ANDRADE, M. A. S. *et al*. Agrotóxicos como questão sociocientífica na Educação CTSA. *Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental*, Rio Grande, v. 33, n. 1, p. 171-191, jan./abr. 2016.

ANDRADE, M. A. S.; NUNES-NETO, N, F.; ALMEIDA, R. O. Uso de agrotóxicos: uma questão sociocientífica para o ensino médio. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. v.1, p. 121-144.

ANDRADE, M. A. S.; POY, C, D.; TEIXEIRA, M. C. Percepção de risco e formas de utilização de agrotóxicos por agricultores da comunidade rural de Muritiba-Bahia. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. *Atas* [...]. João Pessoa: UFPB, 2013. p. 1028-1039.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 1, p. 15-27, jan. 2001.

ANVISA obriga fabricantes a informar nas embalagens substâncias que podem causar reações alérgicas. *Saúde Plena*, Minas Gerais, 25 jun. 2015.

ANTUNES, A. As redes municipais de educação diante da pandemia. *FIOCRUZ*, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/noticia/redes-municipais-de-educacao-diante-da-pandemia. Acesso em: 5 ago. 2020.

ARAÚJO, A. J. *et al*. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 115-130, 2007.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z., SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *RESR*, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/resr/a/pYBBTKchmnRTsYjMCqDtjxJ/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 4 out. 2024.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do Educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. *Contexto e Educação*, Ijuí, v. 22, n. 77, p. 167-188, jan./jun. 2007.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Revista Alexandria*, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 67-84, mar. 2009.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. Linhas Críticas, Brasília, DF, v. 21, n. 45, p. 275-296, maio/ago. 2015.

AULER, D. Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In: SANTOS, W.; AULER, D. (org.). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília, DF: Ed. UnB, 2011. p. 73-97.

BANDEIRA, B, S.; OLIVEIRA, A. S. Formação cultural e semiformação: contribuições de Theodor Adorno para pensar a educação hoje. Educação, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 225-232, maio/ago. 2012.

BAPTISTA, G. C. S. *A contribuição da Etnobiologia para a formação docente sensível à diversidade cultural*: estudo de caso com professoras de biologia do estado da Bahia. 2012. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2012.

BAPTISTA, G. C. S. Um enfoque Etnobiológico na formação do professor de Ciências sensível à diversidade cultural: estudo de caso. *Revista Ciência e Educação*, Bauru, v. 21, n. 3, p. 585-603, 2015.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARRETT, S.; PEDRETTI, E. Conflicting orientations to science – technology – society –environment education. *School Science and Mathematics*, Columbia, v. 106, n. 5, p. 21-31, 2006.

BARZANO, M. L. A. Saneamento básico, história da ciência e formação de professores: um relato de experiência. *In*: TEIXEIRA, P. M. M.; RAZERA, J. C. C. (org.). *Ensino de Ciências*: pesquisas e pontos em discussão. Campinas: Komedi, 2009. p. 251-270.

BAZZO, W. A. *De técnico e de humano*: questões contemporâneas. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2016.

BAZZO, W. A. *et al*. *Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos, 2003. (Cadernos de Ibero-América)

BENCZE, L.; ALSOP, S. Anti-capitalist/Pro-communitarian S&T Education. *Journal for Activist Science & Technology Education*, Toronto, v. 1, n. 1, p. 66-84, 2009.

BENCZE, L.; ALSOP, S (ed.). *Activist science and technology education*. Dordrecht: Springer, 2014.

BENCZE, L. *et al*. Estudantes agindo para abordar danos pessoais, sociais e ambientais relacionados à ciência e à tecnologia. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 515-559.

BENITES, W. De M. *et al*. Utilização de Carvão e Subprodutos da Carbonização Vegetal na Agricultura: aprendendo com as Terras Pretas de Índio. *In*: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (ed.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia*: sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas. Manaus: Embrapa, 2009. p. 286-297.

BOFF, L. A fome é um problema ético e político. *Pragmatismo Político*, São Paulo, 30 nov. 2012.

BOFF, L. *Ética e moral*: a busca de fundamentos. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

BONFIM, V. *et al*. O Levantamento Preliminar na seleção de Questões Sociocientíficas: o exemplo do Areial em Olivença/BA. *Linhas Críticas*, Brasília, DF, v. 25, p. 171-202, jan. 2019.

BOURDIEU, P. *Escritos de Educação*. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

BRANDÃO, C. R. *A educação como cultura*. Campinas: Mercado das Letras, 2011.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: Ciências Naturais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.

CACHAPUZ, A. *et al*. A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *In*: CACHAPUZ, A. *et al*. (org.). *Necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. *Princípios e perspectivas da Agroecologia*. Curitiba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná - Educação à Distância, 2011.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. *Agroecologia e extensão rural*: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. 2. ed. Porto Alegre: EMATER, 2004.

CARNIO, M. P.; CARVALHO, W. L. P. O tratamento de Questões Sociocientíficas na formação de professores de ciências: possibilidades e desafios nas vozes dos licenciados. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. *Atas* [...]. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013. p. 134-144.

CARSON, R. *Silent spring*. New York: Houghton Miffin, 1962.

CARVALHO, L. M. O.; CARVALHO, W. L. P. (org). *Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 2012. (Educação para a ciência, 12).

CARVALHO, S. M. G.; PIO, P. M. A categoria da Práxis em Pedagogia do Oprimido: sentidos e implicações para a educação libertadora. *Revista Brasileira de Estudos pedagógicos*, Brasília, DF, v. 98, n. 249, p. 428-445, maio/ago. 2017.

CAVALCANTE, N. S. P. *Educação ambiental na Amazônia e neoliberalismo*: uma análise das experiências desenvolvidas no município de Santarém-PA (dos anos 1990 a 2010). 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2016.

CEREZO, J. A. L. Ciência, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educação*, Araraquara, n. 18, p. 41-68, 1998.

COBERN, B. Apples and oranges: a rejoinder to Smith and Siegel. *Science Education*, Hoboken, v. 13, n. 6, p. 583-589, 2004.

COBERN, W. W.; LOVING, C. C. Defining science in a multicultural world: implications for science education. *Science Education*, New York, v. 85, n. 1, p. 50-67, Aug. 2001.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Análise crítica do discurso sobre imagens da ciência e da tecnologia em argumentos de estudantes de biologia. *Revista Pesquisa Qualitativa*, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 218-231, ago. 2016.

CONRADO, D. M. *et al*. Evolução e ética na tomada de decisão em questões sociocientíficas. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIÊNCIAS, 9., 2013, Girona. *Atas* [...]. Girona: [*s*. *n*.], 2013. p. 803-807.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Questões Sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES- NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 77-118.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 16., 2015, Lisboa. *Atas* [...]. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2015. p. 432-435.

CONRADO, D. M. *Questões Sociocientíficas na Educação CTSA*: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 2017. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

CUPANI, A. A ciência e os valores humanos: repensando uma tese clássica. *Revista Philósophos*, Goiânia, v. 9, n. 2, p. 115-134, jul./dez. 2004.

DAGNINO, R. P. Uma estória sobre Ciência e Tecnologia, ou começando pela extensão universitária. *In*: DAGNINO, R. (org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia:* abordagens alternativas para uma nova América Latina. Campina Grande: EDUEPB, 2010. p. 293-324.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002. (Coleção Docência em Formação).

DELIZOICOV, D. Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal. 1982. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DETONI, T. L.; DONDONI, P. C. A. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. *Revista Ciências Administrativas*, Fortaleza, v. 14, n. 12, p. 191-204, dez. 2008.

DIONOR, G. A. *Propostas de ensino baseado em questões sociocientíficas*: uma análise sistemática da literatura acerca do ensino de ciências na educação básica. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

EPOGLOU, A. *O Ensino de Ciências em uma perspectiva freiriana*: aproximações entre teoria e prática na formação de professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. 2013. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

EPOGLOU, A.; MARCONDES, M. E. R. O Ensino de Ciências nos Anos Iniciais: contribuições da obra de Paulo Freire para ampliar perspectivas em um curso de formação continuada. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, [*s. l.*], v. 19, n. 1, p. 225-249, 2019.

FAO; FIDA; OPS; PMA; UNICEF. *Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2023*: estadísticas y tendencias. Santiago: FAO, 2023.

FARIAS, M. H. C. S. *et al*. Impacto de los asentamientos rurales en la deforestación del Amazonas. *Mercator*, Fortaleza, v. 17, n. 4, p. 1-20, 2018.

FERNANDES, C.; MARQUES, C. A. Ciência, tecnologia e sociedade e a perspectiva freiriana de educação: possíveis convergências. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 7., 2009, Florianópolis. *Anais* [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. p. 1-11.

FERNANDES, L. V. O trabalho docente à luz da perspectiva materialista histórica. *In*: REUNIÃO NACIONAL DA ANPED, 36., 2013, Goiânia. *Anais* [...]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2013. p. 2-13.

FONSECA, K. N. *et al*. Tema Gerador em Pesquisas em Educação em Ciências. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindoia. *Anais* [...]. Águas de Lindoia: ABRAPEC, 2015. p. 1-8.

FOUREZ, G. A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Ed. UNESP, 1995. (Biblioteca basica).

FOUREZ, G. *Educar*: docentes, alunos, escolas, éticas, sociedades. Aparecida: Ideias & Letras, 2003.

FREIRE, P. *A educação na cidade*. São Paulo: Cortez, 1996.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, P. *Educação e mudança*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FREIRE, P. *Educação e mudança*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*: saberes necessários à prática educativa. 70. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001.

FREIRE, P. *Pedagogia da esperança*: um reencontro com a Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

FREIRE, P. *Política e educação*: ensaios. São Paulo: Cortez, 1995.

FREIRE, P. *Professora sim, tia não*: cartas a quem ousa ensinar. São Paulo: Olho D' água, 1986.

FULLICK, P.; RATCLIFFE, M. (ed.) *Teaching ethical aspects of science*. Totton: Bassett Press, 1996.

FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS. *Educação em tempos de Pandemia*. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.fcc.org.br/wp-content/uploads/2020/06/educacao-pandemia-a4_16-06_final.pdf. Acesso em: 12 abr. 2018.

FURLAN, A. B. S. *et al*. Abordagem temática no currículo de ciências: a perspectiva ético-critica na concepção de lixo como condição humana. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. *Anais* [...]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

GADOTTI, M. *Boniteza de um sonho*: ensinar-e-aprender com sentido. Novo Hamburgo: Fevale, 1995.

GATTI, B. A.; BARRETTO, E. S. S. *Professores do Brasil*: impasses e desafios. Brasília, DF: Unesco, 2009.

GIL-PÉREZ, D. *et al*. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOMES, T. M. *Formação docente através da investigação-ação*: a abordagem da questão sociocientífica "epidemia de Zica - das saídas milagrosas aos gargalos sociais. 2017. Dissertação (Mestrado em Formação continuada de Professores) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2017.

GREENPEACE. *Poisoning the poor*: electronic waste in Ghana. Amsterdam: Greenpeace, 2008.

HERRERA, A. Novo enfoque do desenvolvimento e o papel da ciência e da tecnologia. *In*: DAGNINO, R.; THOMAS, H. *Ciência, Tecnologia e Sociedade*: uma reflexão latino-americana. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 2003. p. 25-45.

HODSON, D. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, [*s. l.*], v. 13, n. 4, p. 313-331, May 2013.

HODSON, D. Going beyond STS: towards a curriculum for sociopolitical action. *The Science Education Review*, Washington, DC, v. 3, n. 1, p. 2-7, 2004.

HODSON, D. *Looking to the future*: building a curriculum for social activism. Netherlands: Sense Publishers, 2011.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 27-57.

IBGE. *Censo demográfico de 2010*. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://censo2010.ibge.gov.br/resultados. Acesso em: 29 fev. 2014.

IBGE. *Censo demográfico de 2017*. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao.html. Acesso em: 29 fev. 2017.

JACOBI, P. R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, maio/ago. 2005.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas clave*: Competencias en argumentación y uso de pruebas. Espanha: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *et al*. La catástrofe del Prestige: racionalidad critica versus racionalidad instrumental. *Cultura y Educación*, [*s. l.*], v. 16, n. 3, p. 305-319, 2004.

JONES, A. *et al.* Developing students' futures thinking in science education. *Research in Science Education*, [*s. l.*], v. 42, p. 687-708, Jan. 2012.

KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences). *Journal of Science Teacher Education*, [*s. l.*], v. 27, n. 3, p. 261-281, May 2016.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade o caso do ensino das ciências. *São Paulo Em Perspectiva*, São Paulo, v. 14, n. 1, 2000.

LACEY, H. O princípio da precaução e a autonomia da Ciencia. *Scientiæ Studia*, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 373-392, 2006.

LACEY, H. O princípio da precaução e a autonomia da Ciencia. *Scientiæ Studia*, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 373-392, mar. 2003.

LANDER, E. Ciências Sociais: saberes coloniais e eurocêntricos. *In*: LANDER, E. (org.). *A colonialidade do saber*: eurocentrismo e ciências sociais: perspectivas latino-americanas. Buenos Aires: CLACSO, 2005. (Colección Sur).

LEFF, E. *Ecologia, capital e cultura*: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. Tradução: Jorge Esteves da Silva. Blumenau: Ed. da FURB, 2001.

LEITE, Y. U. F.; LIMA, V. M. M. Cursos de pedagogia no Brasil: o que dizem os dados do Inep/MEC? *Ensino em Revista*, Uberlândia, v. 17, n. 1, p. 69-93, jan./jun. 2010.

LEVIS, C. *et al*. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. *Science*, Washington, DC, v. 355, n. 7, p. 925-931, Aug. 2017.

LIBÂNEO, J. C. O ensino de didática, das metodologias específicas e dos conteúdos específicos do ensino fundamental nos currículos dos cursos de pedagogia. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, DF, v. 91, n. 229, p. 562-583, set./dez. 2010.

LONDRES, F. *Agrotóxicos no Brasil*: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

LOPES, N. C. *A constituição de associações livres e o trabalho com as questões sociocientíficas na formação de professores*. 2013. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências da UNESP, São Paulo, 2013.

LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R. E. C. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, Ananindeua, v. 5, n. 3, p. 55-64, set. 2014.

MACEDO, R. S. *Currículo*: campo, conceito e pesquisa. 5. ed. Petrópolis: Vozes: 2012.

MAESTRELLI, S, G.; LORENZETTI, L. As relações CTSA nos anos iniciais do Ensino Fundamental: analisando a produção acadêmica e os livros didáticos. *Amazônia*: Revista de Educação em Ciências e Matemática, Belém, PA, v. 13, n. 26, p. 5-21, jan./jun. 2017.

MAIZTEGUI, A. *et al*. Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, Madrid, n. 28, p. 129-155, 2002.

MARQUES, L. A pandemia incide no ano mais importante da história da humanidade. Serão as próximas zoonoses gestadas no Brasil? *Unicamp*, Campinas, 5 maio 2020. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2020/05/05/pandemia-incide-no-ano-mais-importante-da-historia-da-humanidade-serao-proximas. Acesso em: 22 jun. 2020.

MARQUES, R. S. *Em busca do desenvolvimento de competências didático-pedagógicas no contexto da formação docente em ciências biológicas*. 2017. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F. M.; LOZANO, D. L. P. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 23-35, mayo 2013.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F. M.; CARVALHO, W. L. P. C. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 727-741, jul./set. 2012.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F. M *et al*. A Abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências: contribuições à pesquisa da área. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIENCIAS, 7., 2010, Campinas. *Anais* [...]. Campinas: Unicamp, 2010. p. 1-33.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F. *Questões sociocientíficas na prática docente*: ideologia, autonomia e formação de professores. São Paulo: Ed. UNESP, 2012.

MARTINS, L. *et al*. Doença de Chagas a partir de Questões Sociocientíficas na Educação em Saúde. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 213-229.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cadernos Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MATARREDONA, J. S.; TORRES MERCHAN, N. Y. ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias em formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Revista Enero*, [*s. l.*], v. 13, n. 33, p. 61-85, jun. 2013.

MEDEIROS, L. F. R.; MACÊDO, K. B. Catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência? *Psicologia & Sociedade*, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 62-71, 2006.

MEDINA, D. M. R.; MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F.; LOZANO, D. L. P. Creencias de los profesores de preescolar y primaria sobre ciencia, tecnología y sociedad, en el contexto de una institución rural. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Bogotá, n. 25, p. 41-61, enero/jun. 2009.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. *In*: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. *O livro didático de ciências no Brasil*. Campinas: Komedi, 2006.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. *In*: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O; EIJKELHOF, H. (ed.). *Research and the quality of science education*. Dordrecht: Springer, 2005. p. 195-207.

MENEZES, M. C. *Um diálogo entre a pedagogia freiriana e a educação científica na educação infantil*. 2016. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

MERCHÁN, N. Y. T. *Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas*: un estudio en escenarios de formación docente. 2014. Tese (Doctorat en Investigaciò en Didàctiques Especifiques) – Universidade de Valencia, Valência, 2014.

MESQUITA, E. Ver de perto pra contar de certo. As mudanças climáticas sob os olhares dos moradores da floresta do Alto Juruá. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MION, R. A.; ALVES, J. A. P.; CARVALHO, W. L. P. Implicações da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: subsídios para a formação de professores de física. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 4, n. 2, p. 47-59, 2009.

MORAES, M. C.; NAMAN, D. C.; DARSIE, M. M. P. Formação docente relacionada com questões sociocientíficas: complexidade, contribuições e limitações de uma prática educativa. *Amazônia*: Revista de Educação em Ciências e Matemática, Belém, v. 23, n. 12, p. 18-30, jul./dez. 2015.

MOURA, J. C.; CUNHA, H. F. A influência do ensino de Ciências por investigação na visão de alunos do ensino fundamental sobre cientistas. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 13, n. 2, p. 104-112, 2018.

MOURA, P. M. de *et al*. O Desmatamento e o Crescimento urbano desordenado no estado do Rio de Janeiro: impactos na dinâmica do Dengue. *Cadernos UNIFOA*, Volta Redonda, v. 9, n. 24, 2014.

MUENCHEN, C.; AULER, D. A. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: enfrentando desafios no contexto da EJA. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 5., 2013, Santa Catarina. *Anais* [...]. Santa Catarina: [*s*. *n*.], 2013.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, V. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o Ensino de Ciências. *Revista Convergência*, Toluca, v. 13, n. 42, p. 95-116, set./dez. 2006.

NASCIMENTO, T. G; ALVETTI, M. A. S. Temas científicos contemporâneos no ensino de biologia e física. *Ciência & Ensino*, Piracicaba, v. 1, n. 1, mar. 2006.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M. As relações ciência–tecnologia–sociedade-ambiente (CTSA) e as atitudes dos licenciandos em química. *Educación Química*, Coyoacán, v. 23, n. 1, p. 85-90, 2012.

NUNES, M. R. T. *et al*. Eco-epidemiologia dos arbovírus na área de influência da rodovia Cuiabá- Santarém (BR 163), Estado do Pará, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 12, p. 2583-2602, dez. 2009.

NOVAIS, E. S. P. *et al*. O Processo de Redução Temática na Formação de Professores em Iguaí-BA. *Alexandria*: Revista Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 77-103, 2017.

COMO o corona vírus afeta a educação no Brasil? *Oxfam Brasil*, São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.oxfam.org.br/blog/como-o-coronavirus-afeta-a-educacao-nobrasil/#:~:text=Como%20o%20coronav%C3%ADrus%20afeta%20a%20educa%C3%A7%C3%A3o%3F,%C3%A0%20dist%C3%A2ncia%20ficam%20bem%20expostas.&text=Este%20%C3%A9%20um%20problema%20estrutural,j%C3%A1%20existia%20antes%20do%20coronav%C3%ADrus. Acesso em: 22 jul. 2020.

PASINI, F. S. *A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch*: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PAIVA, A. S. *Princípios de design para o ensino de Biologia Celular*: Pensamento Crítico e Ação Sociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks. 2019. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2019.

PEDRETTI, E. G. *et al*. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science & Education Springer*, [*s*. *l*.], n. 1, v. 2, p. 941-960, 2006.

PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education. *In*: ZEIDLER, D. (org.). *The role of the moral reasoning on socioscientific issues and discourse is science education*. London: Dordrecht, 2014. p. 219-240.

PEDRETTI, E. Teaching science, technology, society and Environment (STSE). *Science & Technology Education Library,* [*s. l.*], n. 19 p. 219-239, jan. 2003.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, [*s. l.*], v. 95, n. 4, p. 601-626, nov. 2010.

PERES, F. *É veneno ou é remédio?* Os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos, 1999. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

PEROZA, J.; SILVA, C. P.; AKKARI, A. Paulo Freire e a diversidade cultural: um humanismo político-pedagógico para a transculturalidade na educação. *Revista Reflexão e Ação*, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 461-481, 2013. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/article/view/3208/3036. Acesso em: 17 set. 2024.

PIMENTA, S. G. *et al*. Os cursos de licenciatura em pedagogia: fragilidades na formação inicial do professor polivalente. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 15-30, jan./mar. 2017.

QUEIROZ, E. L. S.; CONRADO, D. M.; SILVA, E. L. Relações CTSA em discussões de licenciandos de Biologia sobre uma Questão Sociocientífica. *Indagatio Didactica*, Aveiro, v. 11, n. 2, p. 463-479, ago. 2019.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. *Science education for citizenship*: teaching socio-scientific issues. Maidenhead: Open University Press, 2003.

REIS, P. Acción Socio-Política sobre Cuestiones Socio-Científicas: Reconstruyendo la Formación Docente y el Currículo. *Uni-pluri/versidadade*, Medellín, v. 14, n. 2, 2014.

REIS, V. Nota técnica sobre microcefalia e doenças vetoriais relacionadas ao Aedes aegypti: os perigos das abordagens com larvicidas e nebulizações químicas - fumacê. *Abrasco*. Rio de Janeiro, 2 fev. 2016.

RICARDO, E. C. A problematização e a contextualização no ensino das Ciências: acerca das ideias de Paulo Freire e Gérard Fourez. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. *Atas* [...]. Bauru: ABRAPEC, 2003. p. 1-12.

ROSA, S. E.; AULER, D. Não neutralidade da ciência-tecnologia: problematizando silenciamentos em práticas educativas CTS. *Alexandria*: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 203-231, nov. 2016.

ROSO, C. C. Tomada de decisões em ciência-tecnologia-sociedade: análise na educação em Ciências. *In:* ANPED/SUL: Seminário de pesquisa em Educação da região Sul, 9., 2012, Caxias do Sul. *Anais* [...]. Caxias do Sul: Upplay, 2012. p. 1-15.

ROTH, W.-M. From-Within-the-Event: A Post-constructivist Perspective on Activism, Ethics, and Science Education. *In*: BENCZE, L.; ALSOP, S. *Activist Science and Technology Education*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 237-254. (Cultural Studies of Science Education, v. 9).

SADLER, T. D. *Socio-scientific Issues in the Classroom*: Teaching, Learning and Research. Gainesville: Springer, 2011.

SADLER, T. D.; DONNELLY, L. A. Socioscientific argumentation: the effects of content knowledge and morality, *International Journal of Science Education*, [*s. l.*], v. 28, n. 12, p. 1463-1488, Oct. 2006.

SAIZ, C.; RIVAS, S. F. Evaluation of the ARDESOS program: An initiative to improve critical thinking skills. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, Bloomington, v. 11, n. 2., p. 34-51, 2008.

SANTOS, J.; CONRADO, D, M.; NUNES-NETO, N. F. Poluição Hídrica: uma questão sociocientífica para a abordagem de ética ambiental no ensino fundamental. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 191-211.

SANTOS, T, S. *Alfabetização científica e o uso de questões sociocientíficas no ensino de ecologia*: uma experiência no contexto de lagarto - SE. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

SANTOS, T. O. Os impactos do Desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. *Revista Geografia Acadêmica*, Roraima, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 12-36, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e Cidadania: Confluências e Diferenças. *Amazônia*: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, PA, v. 9, n. 17, p. 49-62, jul./dez. 2012.

SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, [*s. l.*], v. 93, n. 2, p. 361-382, maio 2009.

SANTOS, W. L. P.; SILVA, K. M. A.; SILVA, S. M. B. Perspectivas e desafios de estudos de QSC na educação científica. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 427-451.

SANTOS, W. L. P. Letramento em Química, educação planetária e inclusão social. *Revista Química Nova,* Campinas, v. 29, n. 3, p. 611-620, fev. 2008.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizinte, v. 2, n. 2, p. 110-132, jul./dez. 2002.

SAUL, A.; GIOVEDI, V. M. A pedagogia de Paulo Freire como referência teórico-metodológica para pesquisar e desenvolver a formação docente. *Revista e-Curriculum*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 211-233, jan./mar. 2016.

SAVIANI, D. *Educação*: do senso comum a consciência filosófica. Campinas: Autores Associados, 1996.

SAVIANI, D. Sistema Nacional de Educação articulado ao Plano Nacional de Educação. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 44, maio/ago. 2010.

SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

STRIEDER, R. S. *et al*. Abordagem de Temas na Pesquisa em Educação em Ciências: Pressupostos Teórico-Metodológicos. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. *Anais* [...]. Campinas: Abrapec, 2011. p. 1-12.

SILVA, A. F. G. *A construção do currículo na perspectiva popular crítica*: das falas significativas às práticas contextualizadas. 2004. Tese (Doutorado em Educação e Currículo) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, R. L. J.; STRIEDER, R. B. A falta de água no bairro: educação CTS com alunos de 9º ano do Ensino Fundamental. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. *Anais* [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 1-15.

SILVA, R. M.; GEHLEN, S. T. Investigação Temática na formação de professores de Ciências em Pau Brasil-BA: compreensões acerca de um tema gerador. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 147-169, maio/ago. 2016.

SOARES, S. S. de S. *Efeitos do desmatamento e da densidade populacional humana na abundância e diversidade de Culicídeos (Diptera: Culicidae) no Assentamento rural de Rio Pardo, Presidente Figueiredo, Amazonas*. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde, Sociedade e Endemias na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. A Conceituação Científica nas Relações Entre a Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação. *Alexandria*: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 75-101, maio 2014.

SOUZA, A. L. S.; CHAPANI, D. T. Teoria crítica de Paulo Freire, formação docente e o ensino de ciências nos anos iniciais de escolaridade. *Revista Lusófona de Educação*, Lisboa, v. 25, p. 119-133, jan. 2013.

SOUZA, M. A.; SILVA, M. M. P.; BARBOSA, M. F. N. Os catadores de materiais recicláveis e sua luta pela inclusão e reconhecimento social no período de 1980 a 2013. *Revista Monografias Ambientais*, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3998-4010, dez. 2014.

SOUSA, P. S. Argumentação centrada em questões sociocientíficas e educação problematizadora: possibilidades para o ensino de Ciências. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Estadual Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

STEFFAN-DEWENTER, I. S. S. G.; POTTS, L.; PACKER, L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, Philadelphia, v. 20, n. 12, Dec. 2005.

TAUIL, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 17, p. 99-102, 2001.

TENREIRO-VIEIRA, C. Construção de Práticas Didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um Programa de Formação Continuada de Professores de Ciências do Ensino Básico. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2005.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 163-242, jan./mar. 2013.

TORRES, J. R. *Educação Ambiental Crítico-Transformadora e Abordagem Temática Freiriana*. 2010. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

TORRES, N.; SOLBES, J. Pensamiento crítico desde cuestiones sócio-científicas. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões Sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 59-75.

TREIN, E. A contribuição do pensamento marxista à educação ambiental. *In*: LOUREIRO, C. F. B. (org.). *A questão ambiental no pensamento crítico*: natureza, trabalho e educação ambiental. Rio de Janeiro: Quartét, 2007.

VIRGÍNIO, A. S. Educação, desigualdade e Covid-19. *UFRGS*, Porto Alegre, 2020. Disponível em: https://www.ufrgs.br/ifch/index.php/br/educacao-desigualdade-e-covid-19. Acesso em: 18 set, 2024.

VISSICARO, S. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M.; ARAÚJO, M. S. de. Questões sociocientíficas nos anos iniciais do Ensino Fundamental: o tema água em evidência. *Indagatio Didactica*, Aveiro, v. 8, n. 1, p. 1596-1609, jul. 2016.

VON LINSINGEN, I. Prefácio. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões sociocientíficas*: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 11-14.

XAVIER, R, L. *et al*. Conteúdos procedimentais e atitudinais no ensino de ciências: uma revisão de literatura em publicações brasileiras (1998-2015). *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 2238-2380, maio/ago. 2017.

ZABALA, A. *A prática educativa*: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. (Biblioteca Artes Médicas).

ZABALA, A; ARNAU, L. *Como aprender e ensinar competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

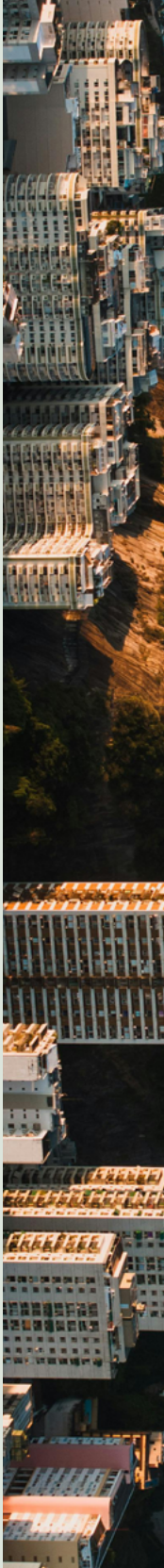
ZEIDLER, D. *et al*. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, [*s*. *l*.], n. 89, p. 357-377, 2005.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, [*s*. *l*.], v. 21, n. 2, p. 49-58, Feb. 2009.

Formato: 15 x 22 cm
Fontes: Lexend Giga, Tiempos Text
Miolo: Papel Off-Set 75 g/m2
Capa: Cartão Supremo 300 g/m2
Impressão: Gráfica do Livro Oficial
Tiragem: 500 exemplares.

Maria Aparecida da Silva Andrade

É licenciada em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e doutora em Ensino de Ciências pela UFBA e UEFS. Desde 2017, atua como professora efetiva da UFRB, atualmente é professora do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Desenvolve projetos de pesquisa e extensão na área de Ciências e Educação Ambiental, a partir da perspectiva freiriana, Questões Sociocientíficas e Educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).



Esta obra se destina a professores em formação, formadores de professores e professores da educação básica, que, assim como eu, buscam na realidade, o sentido para as práticas de ensino em Ciências Naturais.

Acreditamos que este livro se destaca, entre outras produções na área, por reunir uma pesquisa teórica e experiências formativas no campo da formação de professores a partir da abordagem de Questões Sociocientíficas, Educação Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente e pedagogia freiriana, através de práticas de ensino ancoradas no contexto existencial do Recôncavo e Vale do Jiquiriçá. Nesse sentido, este livro poderá contribuir para a construção de agendas de pesquisa que reflitam as nossas necessidades, auxiliando, portanto, na superação da centralidade histórica de agendas voltadas para resolução de problemas de países centrais, para construir uma prática científica engajada com a nossa realidade.

ISBN 978-65-5630-815-9
9 786556 308159

fapesb
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia

GOVERNO DO ESTADO
BAHIA
SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO